

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



“Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un sistema Down-flow Hanging Sponge (DHS) utilizando esponjas cilíndricas colgantes de poliuretano”

Por:

Cesar Asbel Aranda Castillo

Asesora:

Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga

Coasesor:

Dr. Alex Rubén Huamán de la Cruz

Lima, junio de 2019

**DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS**

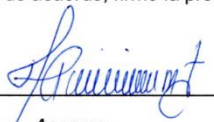
Asesora Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga, Coasesor Dr. Alex Rubén Huamán de la Cruz de la Facultad de facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

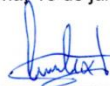
Que el presente informe de investigación titulado: **"Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un sistema Down-flow Hanging Sponge (DHS) utilizando esponjas cilíndricas colgantes de poliuretano"** constituye la memoria que presenta el **Bachiller Cesar Asbel Aranda Castillo** para aspirar al título de Profesional de Ingeniero Ambiental ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en *Lima*, 13 de junio del año 2019.



Asesora
Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga



Coasesor
Dr. Alex Rubén Huamán de la Cruz


Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas mediante un Sistema
Down-Flow Hanging Sponge (DHS) utilizando esponjas cilíndricas
colgantes de poliuretano

TESIS


Presentada para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR


Mg. Iliana Del Carmen Gutiérrez Rodríguez
Presidenta


Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio
Secretario


Mg. Joel Hugo Fernández Rojas
Vocal


Ing. Nancy Curasi Rafael
Vocal


Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga
Asesora

Lima, 07 de junio de 2019

DEDICATORIA

A **Dios** por brindarme salud, y haberme
Cuidado mientras realizaba la
Investigación.

A mi **Padre** por su constante apoyo
Y haberme dado ánimos en mi investigación.

A mi **Madre** por enseñarme a
Perseverar y por su apoyo constante.

A mi **Tío** que siempre me motivo a continuar.

A mis **Hermanos** quienes me alentaban
a no desistir.

“Cesar Asbel Aranda Castillo”

AGRADECIMIENTO

Un encarecido agradecimiento al personal del Centro de Investigaciones en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos peligrosos (CITRAR) de la Universidad Nacional de Ingeniería; en especial al Ing. Yon Cecilio Cabrera por haber aprobado mi solicitud de brindarme las instalaciones y un módulo para que pueda realizar mi investigación..

Un reconocimiento especial a la Ing. Litza Jara Huamanñahui, Operadora de Planta, por sus oportunas sugerencias, al Brigadista Jose Carlos por su importante apoyo en el mantenimiento del sistema DHS, al tesista Jimy Terrones quien me apoyo en el transporte de las muestras al laboratorio SAG para el análisis microbiológico, y al personal de mantenimiento del CITRAR, Manuel y Ramsés quienes también me ayudaron en el montaje de mi sistema DHS y siempre estuvieron prestos para ayudarme. También agradezco al personal del Laboratorio de Servicios Analíticos Generales SAC por haberme brindado su gentil atención y buen trato en los ensayos microbiológicos.

Agradezco al Dr. Jorge Juvenal Bravo Hualla por su aliento y motivación en mi investigación. A mi asesora Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga quien me apoyo en la redacción de mi informe de tesis y estuvo siempre felicitándome en los avances que presentaba. A mi Coasesor el Dr. Alex Huamán quien me ayudo a realizar la parte estadística de este presente trabajo de investigación. A todos mis familiares, compañeros, amigos y a mi novia quienes me alentaron en todo momento a perseverar en mi trabajo de investigación y me apoyaron en todo lo que pudieron.

INDICE GENERAL

GLOSARIO DE TÉRMINOS	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.2 JUSTIFICACIÓN	5
1.3 PRESUPOSICIÓN FILOSÓFICA	6
1.4 OBJETIVOS	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivo específicos	7
CAPITULO II: REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
2.1 Aguas residuales (AR).....	8
2.1.1 Características de las aguas residuales (AR).....	8
2.1.2 Clasificación de aguas residuales	8
2.1.2.1 Aguas Residuales Domésticas	8
2.1.2.2 Aguas Residuales Industriales	9
2.1.2.3 Aguas de Lluvias	9
2.2 Procesos de Tratamiento de Aguas Residuales.....	9
2.2.1 El Pretratamiento.....	9
2.2.2 El Tratamiento Primario	10

2.2.3 El Tratamiento secundario	11
2.2.4 El Tratamiento Terciario	12
2.2.5 El Reactor de Lodos Activados	13
2.2.6 La Microbiología Aerobia	13
2.3 Parámetros importantes.....	14
2.3.1 Coliformes Totales	14
2.3.2 Coliformes Termotolerantes.....	15
2.3.3 Huevo de helmintos.....	16
2.3.4 Potencial de Hidrogeno (pH).....	17
2.3.5 Conductividad Eléctrica	18
2.3.6 Turbiedad	19
2.3.7 Temperatura del agua residual	20
2.3.8 Oxígeno disuelto (OD)	21
2.3.9 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅).....	22
2.4 Enfermedades que ocasionan aguas residuales en la salud de las personas	23
2.5 Efluente y Afluente	24
2.6 Down-Flow Hanging Sponge	24
2.6.1 Antecedentes	24
2.6.2 Sistema de un DHS	26
2.6.2.1 Diseño de un DHS post tratamiento de reactor UASB.....	27
2.6.2.2 Tipo de agua residual que se utiliza en un DHS.....	28
2.6.2.3 Procesos en el tratamiento de aguas residuales CITRAR UNI	28

2.6.3 Ventajas de un Reactor DHS.....	36
2.6.4 Eficiencia de un DHS.....	36
2.6.5 Tipos de reactores DHS.....	38
2.6.6 Mecanismos del DHS en el tratamiento de las aguas residuales.....	39
2.7 Base Legal.....	44
2.7.1 Constitución política del Perú	44
2.7.2 Código penal	44
2.7.3 Ley General del Ambiente	45
2.7.4 Ley General de servicios de saneamiento Ley N°26338	46
2.7.5 Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua	46
2.7.6 Límites Máximos Permisibles (LMP)	46
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	48
3.1 Lugar de ejecución.....	48
3.2 Materiales y equipos	49
3.2.1 Material y muestreo.....	49
3.2.1.1 Muestreo del efluente del reactor UASB.....	49
3.2.1.2 Muestreo del efluente del reactor DHS	50
3.2.2 Análisis.....	51
3.2.3 Diagrama de flujo del muestreo	53
.....	53
3.2.4 Materiales y equipos.....	54
3.3 Metodología	56

3.3.1 Medición de los parámetros	56
3.3.2 Diseño del reactor DHS.....	57
3.3.3 Metodología para la operación.....	63
3.4 Estimación de la porosidad y la densidad real y aparente de la esponja; y eficiencia en el tratamiento	69
3.4.1 Características iniciales de la esponja de poliuretano	69
3.4.2 La densidad real y aparente de la esponja	70
3.4.3 Eficiencia del sistema.....	71
3.4.4 Evaluación.....	72
3.5 Análisis y diseño estadístico	74
3.5.1 Variables de estudio	74
3.5.1.1 Variables independientes.....	74
3.5.1.2 Variables dependientes	74
3.5.1.3 Variables intervinientes	74
3.6 Estudio y Diseño de Investigación.....	75
3.6.1 Tipo de investigación	75
3.6.2 Diseño de la Investigación	76
3.6.3 Flujo experimental.....	77
3.7 Diseño estadístico	78
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES	79
4.1 Resultados del periodo de arranque	79
4.1.1 Resultados de los parámetros físico-químicos	79

4.1.1.1	Turbiedad.....	79
4.1.1.2	Temperatura del Agua	81
4.1.1.3	pH	83
4.1.1.4	Conductividad Eléctrica	84
4.1.1.5	Oxígeno Disuelto.....	86
4.1.2	Resultados de los parámetros intervinientes	87
4.1.2.1	Temperatura Ambiental.....	87
4.1.2.2	Humedad Relativa	87
4.1.2.3	Temperatura Ambiental vs Humedad Relativa	88
4.2	Resultados de la parte experimental	89
4.2.1	Resultados físico-químicos	89
4.2.1.1	Turbiedad.....	89
4.2.1.2	Temperatura del Agua	91
4.2.1.3	pH	93
4.2.1.4	Conductividad Eléctrica	95
4.2.1.5	Oxígeno Disuelto.....	97
4.2.2	Resultados microbiológicos	98
4.2.2.1	Coliformes Termotolerantes	98
4.2.3	Resultados de los parámetros intervinientes	100
4.2.3.1	Temperatura Ambiental.....	100
4.2.3.2	Humedad Relativa	100
4.2.3.3	Temperatura Ambiental vs Humedad Relativa	101

4.3 Diseño estadístico de los parámetros analizados en el periodo de arranque y en la parte experimental.....	102
4.3.1 Ph.....	102
4.3.2 Turbiedad	103
4.3.3 Temperatura del agua.....	104
4.3.4 Conductividad Eléctrica	106
4.3.5 Oxígeno Disuelto.....	107
4.3.6 Temperatura Ambiental.....	108
4.3.7 Humedad Relativa	109
4.3.8 Coliformes fecales.....	110
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	112
5.1 Conclusiones	112
5.2 Recomendaciones	114
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	115
ANEXOS	123

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

Tabla 1	Generaciones de reactores DHS.	38
Tabla 2	Criterios de diseño de la tecnología DHS a escala real construido en la India, 2012.	40
Tabla 3	Análisis de los parámetros, equipos y métodos de ensayo.	51
Tabla 4	Materiales y equipos a utilizarse en la elaboración del prototipo.	54
Tabla 5	Principales microorganismos presentes en el material filtrante.	68
Tabla 6	Cálculo de la porosidad de la esponja utilizada en el DHS.	70
Tabla 7	Cálculo de la densidad real y aparente de la esponja utilizada en el DHS.	71
Tabla 8	Turbiedad promedio diario y eficiencias del periodo de arranque del DHS.	79
Tabla 9	Temperatura promedio diario de agua en el periodo de arranque del DHS.	81
Tabla 10	pH promedio diario en el periodo de arranque del DHS.	83
Tabla 11	Conductividad eléctrica promedio diario en el periodo de arranque del DHS.	84
Tabla 12	Oxígeno Disuelto promedio diario en el periodo de arranque del DHS.	86
Tabla 13	Turbiedad promedio diario y eficiencias de la parte experimental del DHS.	89
Tabla 14	Temperatura de agua promedio diario y eficiencias de la parte experimental del DHS.	91
Tabla 15	pH promedio diario de la parte experimental del DHS.	93
Tabla 16	Conductividad eléctrica promedio diario de la parte experimental del DHS.	95
Tabla 17	Oxígeno Disuelto promedio diario de la parte experimental del DHS.	97
Tabla 18	Resultado de coliformes fecales de la parte experimental del DHS.	98

FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Sistema de lagunaje completo, Laguna anaerobia, facultativa y maduración.	11
<i>Figura 2.</i> Comparación de las principales tecnología existentes en el tratamiento biológico secundario para el tratamiento de aguas residuales (Harada, 2019).	12
<i>Figura 3.</i> Esquema de un reactor UASB y reactor DHS (Harada, 2019).	27
<i>Figura 4.</i> Vista panorámica de la zona de captación de CITRAR-UNI.	28
<i>Figura 5.</i> Vista panorámica de la cámara de rejillas gruesas de CITRAR-UNI.	29
<i>Figura 6.</i> Vista panorámica de la cámara de rejillas finas de CITRAR-UNI.	30
<i>Figura 7.</i> Vista panorámica del desarenador de CITRAR-UNI.	30
<i>Figura 8.</i> Vista panorámica del vertedero Sutro y del medidor Bowls de CITRAR. ..	31
<i>Figura 9.</i> Vista panorámica del reactor UASB moderno y antiguo de CITRAR.	34
<i>Figura 10.</i> Vista panorámica de la poza de secado de lodos de CITRAR-UNI.	35
<i>Figura 11.</i> Vista panorámica de las lagunas secundaria y terciaria de CITRAR.	36
<i>Figura 12.</i> Ventajas cuando se utiliza un reactor DHS (Harada, 2019).	36
<i>Figura 13.</i> Imagen de la eficiencia de los reactores DHS en sus diversas generaciones de la PTAR de Nagaoka-Japón (Harada, 2019).	37
<i>Figura 14.</i> UASB y DHS sistema de tratamiento (Ministry of the Environment, 2005).	38
<i>Figura 15.</i> Generaciones de los DHS a través de los años (Harada, 2019).	39
<i>Figura 16.</i> Tecnología DHS a escala real construido en la India, 2002 (Harada, 2019).	39
<i>Figura 17.</i> Tecnología DHS con su clarificador para un volumen de 300m ³ (Harada, 2019).	40
<i>Figura 18.</i> Dosis optima de hipoclorito de sodio para un volumen de 1m ³ (Harada, 2019).	41
<i>Figura 19.</i> Criterios en el tamaño de la esponja (Harada, 2019).	41

<i>Figura 20.</i> Proceso de aireación en las esponjas colgantes (Harada, 2019).....	42
<i>Figura 21.</i> Medios de soportes y formas distintas de esponjas de poliuretano para DHS de 3 y 6 generación (Harada, 2019).....	42
<i>Figura 22.</i> Esponja de poliuretano sin biomasa y con biomasa (Harada, 2019).....	43
<i>Figura 23.</i> Imagen de la eficiencia de los reactores DHS en sus diversas generaciones de la PTAR de Nagaoka-Japón (Harada, 2019).	43
<i>Figura 24.</i> Ubicación del prototipo DHS de CITRAR-UNI en (Google Earth, 2019). .	48
<i>Figura 25.</i> Frascos de vidrio con sus respectivas muestras.....	49
<i>Figura 26.</i> Lado izquierdo medidor de Oxígeno Disuelto (Oxímetro), lado derecho medidor de pH (Multiparametro) de CITRAR-UNI.....	52
<i>Figura 27.</i> Lado izquierdo medidor de conductividad (Conductímetro), lado derecho medidor de turbiedad (Turbidímetro) de CITRAR-UNI.	52
<i>Figura 28.</i> Partes del sistema Downflow Hanging Sponge (DHS).....	59
<i>Figura 29.</i> Medidas del sistema Downflow Hanging Sponge (DHS).....	60
<i>Figura 30.</i> Construcción del sistema Downflow Hanging Sponge (DHS) a escala piloto en CITRAR-UNI.	61
<i>Figura 31.</i> Fotografía de la parte interna del reactor DHS.....	62
<i>Figura 32.</i> Fotografía de una columna del reactor DHS.	62
<i>Figura 33.</i> Reactor UASB de CITRAR-UNI.	63
<i>Figura 34.</i> Fotografía de la esponja de poliuretano en el periodo de arranque.....	64
<i>Figura 35.</i> Fotografía de la esponja de poliuretano de las primeras columnas de los dos reactores en el periodo experimental antes de ser desmontada la investigación.	64
<i>Figura 36.</i> Fotografía de la esponja de poliuretano de las segundas columnas de los dos reactores en el periodo experimental antes de ser desmontada la investigación.	65

<i>Figura 37.</i> Fotografía de los baldes utilizados para el mantenimiento del tanque de almacenamiento del DHS.	65
<i>Figura 38.</i> Sedimentador secundario saturado por larvas de dípteros.	66
<i>Figura 39.</i> Mosca palomilla (<i>Psychoda</i> spp.).....	67
<i>Figura 40.</i> Estados de la Mosca palomilla (<i>Psychoda</i> spp.).....	67
<i>Figura 41.</i> Fotografía de la parte externa e interna del laboratorio de CITRAR.	73
<i>Figura 42.</i> Fotografía de la parte externa del laboratorio de Servicios Analíticos Generales SAC.	74
<i>Figura 43.</i> Eficiencia promedio diario de la turbiedad en el periodo de arranque del DHS.	80
<i>Figura 44.</i> Promedio diario de la turbiedad en el periodo de arranque del DHS.....	80
<i>Figura 45.</i> Eficiencia del sistema del DHS en el periodo de arranque.	81
<i>Figura 46.</i> Temperatura promedio diario de agua en el periodo de arranque del DHS.	82
<i>Figura 47.</i> Temperatura de agua promedio en el periodo de arranque del DHS.	82
<i>Figura 48.</i> pH promedio diario en el periodo de arranque del DHS.....	83
<i>Figura 49.</i> pH promedio en el periodo de arranque del DHS.	84
<i>Figura 50.</i> Conductividad eléctrica promedio diario en el periodo de arranque del DHS.	85
<i>Figura 51.</i> Conductividad eléctrica promedio en el periodo de arranque del DHS.	85
<i>Figura 52.</i> Oxígeno Disuelto promedio diario en el periodo de arranque del DHS.....	86
<i>Figura 53.</i> Oxígeno Disuelto promedio en el periodo de arranque del DHS.....	86
<i>Figura 54.</i> Temperatura ambiental en el periodo de arranque del DHS.	87
<i>Figura 55.</i> Humedad Relativa en el periodo de arranque del DHS.....	87
<i>Figura 56.</i> Temperatura ambiental vs Humedad Relativa en el periodo de arranque del DHS.	88

<i>Figura 57.</i> Promedio diario de la turbiedad en el periodo de arranque del DHS.....	90
<i>Figura 58.</i> Eficiencia promedio diario de la turbiedad de la parte experimental del DHS.	90
<i>Figura 59.</i> Eficiencia del sistema del DHS de la parte experimental.....	90
<i>Figura 60.</i> Temperatura promedio diario de agua en la parte experimental del DHS. ..	92
<i>Figura 61.</i> Temperatura de agua promedio en la parte experimental del DHS.	92
<i>Figura 62.</i> pH promedio diario de la parte experimental del DHS.	94
<i>Figura 63.</i> pH promedio de la parte experimental del DHS.	94
<i>Figura 64.</i> Conductividad eléctrica promedio diario de la parte experimental del DHS.	96
<i>Figura 65.</i> Conductividad eléctrica promedio de la parte experimental del DHS.	96
<i>Figura 66.</i> Oxígeno disuelto promedio diario de la parte experimental del DHS.....	97
<i>Figura 67.</i> Oxígeno disuelto promedio de la parte experimental del DHS.....	98
<i>Figura 68.</i> Concentración de los coliformes fecales de la parte experimental del DHS.	99
<i>Figura 69.</i> Eficiencia logarítmica de los coliformes fecales de la parte experimental del DHS.	99
<i>Figura 70.</i> Temperatura ambiental de la parte experimental del DHS.	100
<i>Figura 71.</i> Humedad relativa de la parte experimental del DHS.	100
<i>Figura 72.</i> Temperatura ambiental vs humedad relativa de la parte experimental del DHS	101

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Informe De Resultados Mensual De CITRAR-UNI.....	124
Anexo 2: Estándares De Calidad Ambiental De Agua (ECA-Categoría 3)	126
Anexo 3: Límites Máximos Permisibles (LMP)	127
Anexo 4: Certificados De Calibración De Los Equipos.....	129
Anexo 5: Constancia De Haber Realizado Prácticas En CITRAR-UNI	136
Anexo 6: Aprobación Para Realizar El Proyecto De Tesis En CITRAR-UNI.....	137
Anexo 7: Cronograma De Actividades.....	138
Anexo 8: Presupuesto De La Tesis.....	139
Anexo 9: Fichas De Monitoreo Y Resultados Del Laboratorio	144
Anexo 10: Comparativa de los resultados con el ECA categoría 3 y los LMP.....	162
Anexo 11: Fotografía Tomada Con El Creador Del DHS el Profesor Hideki Harada (Japón) En CITRAR-UNI.....	163
Anexo 12: Fotografía Tomada Con El Creador Del DHS, Profesor Hideki Harada (Japón) En El Colegio De Ingenieros Del Perú (Miraflores)	163

GLOSARIO DE TÉRMINOS

CF: Coliformes Fecales

CITRAR: Centro de Investigaciones en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos

DBO5: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DHS: Downflow Hanging Sponge

DS: Decreto Supremo

EC: Conductividad Eléctrica

ECA: Estandar de Calidad Ambiental

HRT: Tiempo de retención Hidráulica

OD: Oxígeno Disuelto

MINAM: Ministerio del Ambiente

NMP: Numero Más Probable

PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

RAMLFA: Reactor Anaeróbico con Manto de Lodos de Flujo Ascendente

UASB: Upflow Anaerobic Sludge Blanket

UNI: Universidad Nacional de Ingeniería

UNT: Unidad Nefelométrica de Turbidez

RESUMEN

Determinar la eficiencia del Reactor de Esponjas Colgante de Flujo Descendente (DHS) a escala piloto como tratamiento aerobio secundario, posterior al tratamiento del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (UASB) del agua residual doméstica de los centros poblados el Ángel y el Milagro en el distrito del Rímac. Determinar el efecto del sistema DHS en los parámetros físico-químicos (Temperatura, pH, Turbiedad, Oxígeno Disuelto y Conductividad) del efluente del reactor UASB y efluente del reactor DHS. Determinar el efecto del sistema DHS en el parámetro microbiológico de Coliformes termotolerantes del efluente del reactor UASB y efluente del reactor DHS. Determinar la eficiencia del DHS a lo largo de su periodo de funcionamiento (Arranque y Experimental) mediante un análisis estadístico, comparando con el ECA categoría 3 uso de riego y los LMP para efluentes de PTAR de agua vigentes. Este sistema denominado Downflow Hanging Sponge (DHS), que significa sistema de esponjas colgantes con flujo descendente, el caudal de ingreso fue 45 L/día para cada reactor, con un tiempo de retención hidráulico de 1.5 horas. La esponja utilizada tuvo una porosidad de 95.1%. Se determinó la eficiencia del reactor DHS a escala piloto como tratamiento aerobio secundario, posterior al tratamiento del reactor UASB del agua residual doméstica de los centros poblados el Ángel y el Milagro en el distrito del Rímac, alcanzando la eficiencia en el parámetro de turbiedad en el DHS1 de 89% y del DHS 2 al 93% con un 95% de nivel de confianza, así mismo en coliformes termotolerantes del DHS 1 fue 98.61%, y en el DHS 2 fue 99.54%, para ello dicho alcance fue por los excelentes resultados a lo largo de su funcionamiento.

Palabras claves: DHS, Tratamiento, Coliformes fecales, UASB, Poliuretano.

ABSTRACT

Determine the efficiency of the Down-flow Hanging Sponge Reactor (DHS) at the pilot scale as a secondary aerobic treatment, after the treatment of the Upflow Anaerobic Reactor (UASB) of the domestic wastewater from the Angel and the Milagro population centers in the district of the Rímac. Determine the effect of the DHS system on the physical-chemical parameters (Temperature, pH, Turbidity, Dissolved Oxygen and Conductivity) of the UASB reactor effluent and the DHS reactor effluent. Determine the effect of the DHS system on the microbiological parameter of thermotolerant coliforms of the UASB reactor effluent and DHS reactor effluent. Determine the efficiency of the DHS throughout its period of operation (Start-Up and Experimental) by means of a statistical analysis, comparing with the ECA category 3 irrigation uses and the LMP for effluents of current water PTAR. This system called Down-flow Hanging Sponge (DHS), which means hanging sponge system with downward flow, the flow of income was 45 L / day for each reactor, with a hydraulic retention time of 1.5 hours. The sponge used had a porosity of 95.1%. The efficiency of the pilot DHS reactor was determined as a secondary aerobic treatment, after the treatment of the UASB reactor of the domestic wastewater from the Angel and the Milagro population centers in the district of Rímac, reaching the efficiency in the turbidity parameter in the DHS1 of 89% and of DHS 2 to 93% with a 95% level of confidence, likewise in thermotolerant coliforms of DHS 1 was 98.61%, and in DHS 2 it was 99.54%, for this said scope was for the excellent results throughout its operation.

Keywords: DHS, Treatment, Fecal Coliforms, UASB, Polyurethane.

CAPITULO I:

INTRODUCCIÓN

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

A pesar del avance sin precedentes de la tecnología y la urbanización en el mundo, un gran número de países en vías de desarrollo están rezagados en el suministro de saneamiento básico y suministro de agua adecuado a la población (Wahaab y Younes, 2013).

Según una experiencia en India, la fuerza de las aguas residuales tratadas con UASB es más o menos comparable a la mayoría de las aguas residuales establecidas en Japón. En los países en desarrollo, la obtención de efluentes de buena calidad es importante, pero el proceso debe mantenerse lo más simple posible (Uemura, Suzuki, Maruyama, y Harada, 2012).

El elevado crecimiento poblacional a nivel nacional, provoca que las actuales plantas de tratamiento de aguas residuales, utilicen tratamientos anaerobios ya que no ocupan grandes extensiones de terreno, pues hoy en día ya no se cuentan con extensiones de terreno debido a la sobrepoblación; sin embargo, no satisfacen las normas legales, siendo necesaria la aplicación de un post-tratamiento que dé resultados excelentes, que ocupen el menor espacio posible, que impliquen un mínimo consumo de energía, y bajo costo de inversión, operación y mantenimiento (Geológica, 2009).

En estos últimos años el Centro de Investigación en el Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos de la Universidad Nacional de Ingeniería (CITRAR-UNI) trata de cumplir con el D.S N°004-2017-MINAM en la categoría 3 uso de riego no restringido (Parques públicos), y es por ello que utiliza un reactor UASB y dos lagunas facultativas, pero no se encuentra completo el tratamiento, ya que el reactor

UASB reemplaza la laguna anaerobia, luego las lagunas facultativas y por ultimo faltaría la implementación de lagunas de maduración, CITRAR en el mes de Junio del 2018 tuvo una remoción de 4.891 unidades logarítmicas en sus parámetros microbiológicos cumpliendo el ECA, el tiempo de retención hidráulica es de 10 días haciendo que la incidencia de los rayos solares formen en las lagunas facultativas un criadero de algas, además posterior a estas se necesitaría lagunas de maduración las cuales requieren un tiempo de retención hidráulica entre 3 a 7 días y CITRAR-UNI no cuenta con estas, haciendo que no realice el sistema de lagunaje completo; todo esto ocurre por falta de área, y es por ello que se requiere de una tecnología nueva e innovadora capaz de realizar el tratamiento de manera eficiente y esta a su vez reemplace las lagunas facultativas y de maduración y el tiempo de retención hidráulica sea menor y no exista presencia de algas.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, no se cuenta con grandes extensiones de terreno, en vista de la urgencia de desarrollar nuevos tratamientos tecnológicos de aguas residuales a costos accesibles para países en vías de desarrollo, se investigaron en la década de los setenta los tratamientos aerobios que presentan la ventaja de ser compactos, con costos en la operación muy bajos y fáciles de operar (Flotaci, y Grueso, 2006).

Los centros poblados del Ángel y el Milagro del distrito de Rímac, Lima-Perú cuenta con un aproximado de 9000 habitantes, y sus efluentes requieren ser tratados con la finalidad de evitar que ocurran enfermedades que perjudiquen la salud de la población cuando estas son reutilizadas; evitando así un impacto sobre el medio ambiental al ser vertidas estas aguas sin un previo tratamiento y es por ello que CITRAR-UNI trata de cumplir la exigencia de la norma pero requiere mayor área para

construir lagunas de maduración y el tiempo de retención hidráulica es en días; es por ello que se necesita realizar la construcción de un sistema Down-Flow Hanging Sponge (DHS) ya que es fácil de operar, es de bajo costo tanto en la construcción, la operación, el mantenimiento, el tiempo de retención hidráulica es en horas e impide la formación de algas. Y por ende es rentable para llevar a cabo la ejecución del sistema.

1.3 PRESUPOSICIÓN FILOSÓFICA

“El nuevo paradigma de este siglo es pasar del agua residual al agua reutilizable”. Fernando del Amo – Área de depuración y medio ambiente de Aqualia.

El autor afirma lo importante que es tratar el agua residual, el cual puede ser reutilizable en el riego, de esta forma evitamos problemas medio ambientales y proteger la salud de las personas.

Por tanto, tal como el pecado entró en el mundo por un hombre, y la muerte por el pecado, así también la muerte se extendió a todos los hombres, porque todos pecaron.

Romanos 5:12

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Determinar la eficiencia del Reactor de Esponjas Colgante de Flujo Descendente (DHS) a escala piloto como tratamiento aerobio secundario, posterior al tratamiento del Reactor Anaerobio de Manto de Lodos de Flujo Ascendente (UASB) del agua residual doméstica de los centros poblados el Ángel y el Milagro en el distrito del Rímac.

1.4.2 Objetivo específicos

- ❖ Determinar el efecto del sistema DHS en los parámetros físico-químicos (Temperatura, pH, Turbiedad, Oxígeno Disuelto y Conductividad) del efluente del reactor UASB y efluente del reactor DHS.
- ❖ Determinar el efecto del sistema DHS en el parámetro microbiológico de Coliformes termotolerantes del efluente del reactor UASB y efluente del reactor DHS.
- ❖ Determinar la eficiencia del DHS a lo largo de su periodo de funcionamiento (Arranque y Experimental) mediante un análisis estadístico, comparando con el ECA categoría 3 uso de riego y los LMP para efluentes de PTAR de agua vigentes.

CAPITULO II:

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Aguas residuales (AR)

Son aquellas aguas donde sus características han sido alteradas por actividades antrópicas y su calidad necesita un tratamiento previo, antes de ser reutilizadas, vertidas a un cuerpo receptor o descargadas al alcantarillado (OEFA, 2014).

Según Ruiz y Giraldo (2009) sustenta que las aguas residuales domesticas es un residuo liquido donde contiene una materia orgánica biodegradable y nivel de nutrientes de DBO₅ donde se forma la eficiencia de un procesos biológicos anaerobios.

2.1.1 Características de las aguas residuales (AR)

Se caracterizan las aguas residuales por sus características física, química y biológica. Una característica física como la temperatura perjudica tanto a la actividad biológica como a la abundancia de gases disueltos en el agua residual. Para clasificar el agua residual se emplean tanto métodos de análisis cuantitativos, para la determinación precisa de la elaboración química del agua residual, como análisis cualitativos para el entendimiento de las características físicas y biológicas (Zaragoza, 2010).

2.1.2 Clasificación de aguas residuales

2.1.2.1 Aguas Residuales Domésticas

Son aquellos efluentes residenciales (residuos humanos, baño, cocina) y otros usos parecidos que generalmente son captados por sistemas de alcantarillado en conjunto a otras (comercial, servicios, industria). Estas aguas poseen un valor de sólidos

inferior al 1%. El caudal y su composición siempre varia, pueden estandarizarse algunos valores para los parámetros más importantes (UDEP, 2012).

2.1.2.2 Aguas Residuales Industriales

Son aquellos efluentes vertidos de los procesos industriales, la cantidad y composición de ellas siempre varia, dependiendo de los procesos realizados y de otros factores. Estos efluentes pueden cambiar desde los de alto contenido de materia orgánica biodegradable (mataderos), algunos con materia orgánica y otros con compuestos químicos (curtiembre) e industrias cuyos efluentes poseen sustancias inorgánicas u orgánicas no biodegradables (UDEP, 2012).

2.1.2.3 Aguas de Lluvias

La escorrentía producida por las aguas de lluvias en menor contaminación que los efluentes residuales domésticos e industriales, además de un caudal elevado. La contaminación elevada se da en las primeras aguas que limpian las zonas por donde escurre ya que remueve todo el contenido existente en el área (UDEP, 2012).

2.2 Procesos de Tratamiento de Aguas Residuales

Según (UDEP, 2012) la complejidad de los tratamientos está en función a los propósitos establecidos para el efluente del tratamiento. Teniendo por consideración la gran cantidad de funciones y procesos para el tratamiento de las aguas residuales es similar en los niveles de tratamiento, para fines prácticos son clasificados como: pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario.

2.2.1 El Pretratamiento

Tiene como finalidad retener sólidos gruesos y sólidos finos que poseen una densidad mayor al agua y arenas, con el objetivo de ayudar a los tratamientos

posteriores. Se utilizan canales con rejas gruesas y finas, desarenador, y en casos especiales se utilizan tamices. Estas unidades, son fundamentales para evitar problemas posteriores cuando pasan arena, basura, plásticos, etc (UDEP, 2012).

2.2.2 El Tratamiento Primario

Este tratamiento nos permite remover materiales en suspensión, pero no materiales coloidales o elementos disueltos en el agua. La remoción del tratamiento primario nos ayuda a quitar entre el 60 a 70% de sólidos suspendidos totales (SST) y hasta un 30% de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). En zonas rurales se emplean tanques sépticos como unidad de tratamiento con una disposición concluyente en procesos de infiltración. El tanque Imhoff es utilizado en localidades de tamaño mediano como un excelente sistema de tratamiento (UDEP, 2012).

Según UDEP (2012) una investigación en Brasil ha estudiado al Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (UASB) como un tratamiento primario. Aunque esto cambia el concepto común del tratamiento (UASB), que ha sido considerado como tratamiento secundario, su inclusión en los procesos de tratamientos primarios ha obtenido resultados favorables, semejante a un enfoque de ecoeficiencia sobre la mejora en la eficiencia en los procesos, por lo que es una opción creativa e innovadora.

Por otro lado González y Herrera (2015) el reactor UASB se refiere al tratamiento de aguas para inocular el sistema de productor de hidrogeno, luego someter a un tratamiento térmico para inhibir los crecientes de bacterias Metanogénica. Así mismo Ugalde (2013) dice que el reactor UASB presentan desempeño bueno en una producción de fermentativa de hidrogeno a través de gránulos de productores de hidrogeno (GPH) , llevando un largo periodo de arranque para un desarrollo de (GPH).

2.2.3 El Tratamiento secundario

Son procesos biológicos predominando las reacciones bioquímicas, realizado por microorganismos que obtienen eficientes valores en la remoción de 50% y el 95% de la DBO. Estos sistemas utilizados son:

- Biofiltros, filtros percoladores, filtros rotatorios o biodiscos.
- Lodos activados, convencionales y aireación extendida.
- Lagunas de estabilización (facultativas y aireadas).
- Lagunas de maduración.

El tratamiento secundario necesita de la implementación de un tratamiento terciario dependiendo de la disposición final que se quiera llegar a dar a las aguas residuales tratadas. (UDEP, 2012).

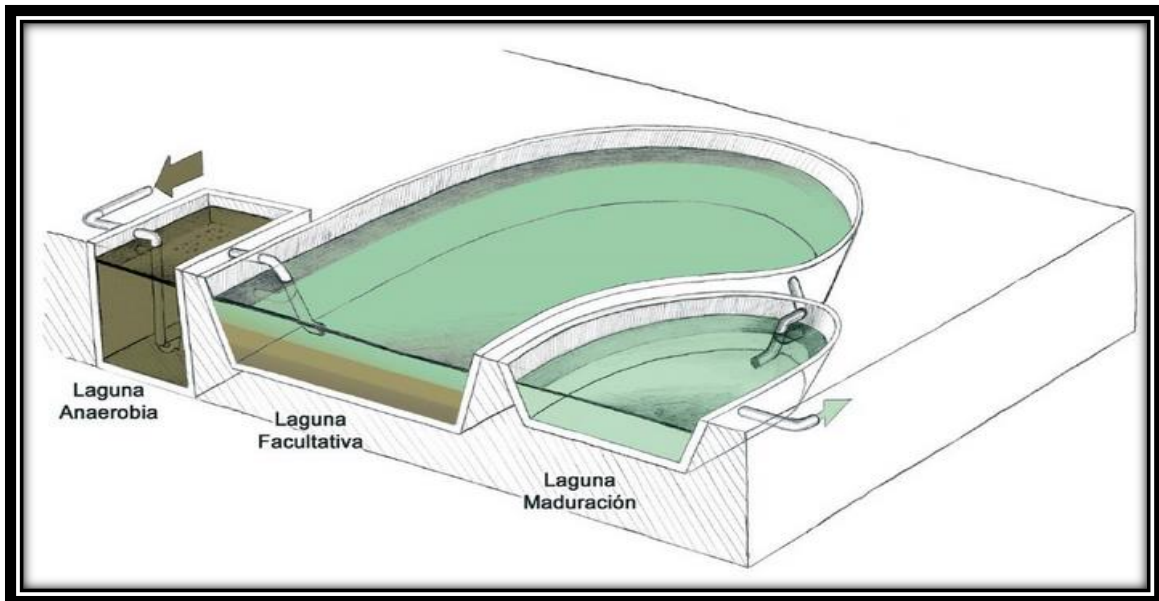


Figura 1. Sistema de lagunaje completo, Laguna anaerobia, facultativa y maduración.

PRINCIPALES TECNOLOGÍAS EXISTENTES EN EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO						
Tecnología	Requiere energía	Operación	Mantenimiento	Área requerida	Producción de lodo	Generación de olores
Lagunas aireadas	Si	Sofisticada	Sofisticado	Mucha	Mucho	No
Lagunas facultativas	No	Sencilla	Sencillo	Mucha	Poco	No ^(*)
Filtros percoladores	No	Sencilla	Sencillo	Poca	Muy poco	Si
Biodiscos (RBC)	Si (bajo)	Sencilla	Sencillo	Poca	Muy poco	No

() No generan malos olores si el tratamiento primario es un reactor UASB o una laguna anaerobia*

Figura 2. Comparación de las principales tecnología existentes en el tratamiento biológico secundario para el tratamiento de aguas residuales (Harada, 2019).

2.2.4 El Tratamiento Terciario

Tiene como propósito obtener la remoción tanto de nitrógeno como de fósforo. El objetivo del tratamiento de nivel terciario es hacer que la descarga del agua residual, tratada previamente, no ocasione eutrofización y/o aumento generalizado de algas en lagos, lagunas o en cuerpos de aguas de baja circulación, ya que esto desencadena el consumo excesivo de oxígeno disuelto ocasionando impactos sobre la vida acuática. El uso de esta agua tratada en plantas puede utilizarse en el riego de áreas agrícolas, la crianza de peces y otras actividades. El agua tratada también puede tener ciertos usos especiales, como la recarga de acuíferos, y también para uso industrial (SINIA, 2013).

Ingredientes et al., (2010) plantea se clasifica a partir de una hidróxido de sodio y un cloro en presencia de agua, de un producto anhídrido que conlleva al secado y congelación de un ácido sulfúrico concentrado, lo cual se pueda mantener su estado de sólido.

Por otro lado Sawyer (2011) dice que el hipoclorito de sodio es un líquido o químico de desinfección que evita el riesgo potencial al impacto negativos que asocian la liberación de cloro gaseoso.

2.2.5 El Reactor de Lodos Activados

Según Nazaroff y Alvarez-Cohen (2011) un reactor de lodos activados es un sistema utilizado en aguas residuales pre-tratadas (tratamiento primario) se airean para promover el crecimiento de bacterias (células) que consumen gradualmente las sustancias orgánicas de dichas aguas residuales. El propósito es el desarrollo de células aclimatadas a la mezcla particular de sustancias existentes en las aguas residuales y un consumo significativo de material orgánico.

El efluente es una mezcla de agua con células suspendidas y un contenido de DBO reducido drásticamente. Esta mezcla ingresa a través de un clarificador a un tanque de sedimentación donde los sólidos principalmente las células, denominados lodos en esta etapa se separan del agua. (Nazaroff y Alvarez-Cohen, 2011)

2.2.6 La Microbiología Aerobia

La comprensión de la microbiología del tratamiento de aguas residuales es para la optimización del diseño y el funcionamiento de sistemas de tratamiento biológico. En el pasado, los ingenieros diseñaron las obras de tratamiento basadas esencialmente en criterios empíricos. En las últimas décadas se ha reconocido el carácter multidisciplinar de la Ingeniería Sanitaria y Ambiental y los biólogos han aportado contribuciones fundamentales para la comprensión del proceso. El conocimiento racional se ha ampliado, junto con la disminución en el nivel de empirismo, permitiendo que los sistemas sean diseñados y operados con una base más sólida (von Sperling, 2007).

Los diversos procesos realizados por diferentes grupos de microorganismos, principalmente bacterias y protozoos que, en presencia de oxígeno actúan sobre la materia orgánica disuelta, transforman los productos finales y la materia celular (Donate y Dorado, 2010).

2.3 Parámetros importantes

2.3.1 Coliformes Totales

El total de bacterias coliformes o coliformes totales incluye una amplia variedad de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulantes capaces de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares fermentando la lactosa y produciendo ácido o aldehído en 24 h a 35–37 °C. *Escherichia coli* y los coliformes termotolerantes son un subgrupo del grupo de los coliformes totales que pueden fermentar la lactosa a temperaturas más altas. Los coliformes totales producen, para fermentar la lactosa, la enzima E-galactosidasa. Tradicionalmente, se consideraba que las bacterias coliformes pertenecían a los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*, pero el grupo es más heterogéneo e incluye otros géneros como *Serratia* y *Hafnia*. El grupo de los coliformes totales incluye especies fecales y ambientales (Ashbolt, Grabow y Snozzi, 2001).

El grupo de los coliformes totales incluye microorganismos que pueden sobrevivir y proliferar en el agua. Por consiguiente, no son útiles como índice de agentes patógenos fecales, pero pueden utilizarse como indicador de la eficacia de tratamientos y para evaluar la limpieza e integridad de sistemas de distribución y la posible presencia de biopelícula. No obstante, hay mejores indicadores para estos fines. El análisis de los coliformes totales, como indicador de desinfección, es mucho más lento y menos fiable que la medición directa de la concentración residual de desinfectante. Además, los coliformes totales son mucho más sensibles a la desinfección que los protozoos y virus entéricos. El RHP detecta una gama más amplia de microorganismos y se considera generalmente un mejor indicador de la integridad y limpieza de los sistemas de distribución (Ashbolt, Grabow y Snozzi, 2001).

Las bacterias pertenecientes al grupo de los coliformes totales (excluida *E. coli*) están presentes tanto en aguas residuales como en aguas naturales. Algunas de estas bacterias se excretan en las heces de personas y animales, pero muchos coliformes son heterótrofos y capaces de multiplicarse en suelos y medios acuáticos. Los coliformes totales pueden también sobrevivir y proliferar en sistemas de distribución de agua, sobre todo en presencia de biopelículas (Ashbolt, Grabow y Snozzi, 2001).

2.3.2 Coliformes Termotolerantes

Los coliformes termotolerantes, denominados así porque soportan temperaturas hasta de 45 ° C, comprenden un número muy reducido de microorganismos, los cuales son indicadores de calidad por su origen. En su mayoría están representados por *E. coli*, pero se pueden encontrar de forma menos frecuente las especies *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae*. Estas últimas forman parte de los coliformes termotolerantes, pero su origen normalmente es ambiental (fuentes de agua, vegetación y suelos) y solo ocasionalmente forman parte de la microbiota normal. Por esto algunos autores plantean que el término de coliformes fecales, comúnmente utilizado, debe ser sustituido por coliformes termotolerantes (Larrea, Rojas, Romeu, Rojas, & Heydrich, 2013).

Según García y Iannacone (2014) coliformes termotolerantes se detectan en las siembras incubadas de una temperatura de 44.5°C por los medios de cultivos y una parte de grupos de bacterias de origen fecal .

Según CYTED (2016) los Coliformes termotolerantes es la capacidad de soportar las temperaturas, dando una forma apropiada de distinguir un subgrupo de coliformes totales y crecer como una temperatura superior.

Los coliformes termotolerantes integran el grupo de los coliformes totales, pero se diferencian de estos últimos, en que son indol positivo, su intervalo de temperatura

óptima de crecimiento es muy amplio (hasta 45 ° C) y son mejores indicadores de higiene en alimentos y agua. La presencia de estos microorganismos indica la existencia de contaminación fecal de origen humano o animal, ya que las heces contienen coliformes termotolerantes que están presentes en la microbiota intestinal, siendo *E. coli* la más representativa, con un 90-100 % (Larrea, Rojas, Romeu, Rojas, & Heydrich, 2013).

Sandoval (1991) sustenta que son bacilos cortos de gran negativos, aerobios facultativos, capaces de fermentar una producción de ácido y gas. Asimismo Barzola, Lazcano, Ponce, y León (2003) plantea que son indicadores de contaminación fecal, presentado casos de enfermedades entéricas por el consumo del agua detectado por coliformes.

2.3.3 Huevo de helmintos

Los huevos de helmintos se encuentran en el ambiente y son de gran importancia en salud pública, debido a su mínima dosis infectiva y a su alta resistencia a diversas condiciones ambientales, como la temperatura, el pH y la humedad, así como a la desinfección con cloro. Se los utiliza, asimismo, como indicadores de la presencia de parásitos por contaminación fecal en aguas residuales tratadas, y en lodos y biosólidos generados por sistemas de tratamiento. Los géneros más predominantes son *Ascaris*, *Trichuris*, *Ancylostoma* e *Hymenolepis* (Campos, Beltrán, Fuentes, y Moreno, 2018).

En el 2006, la OMS estableció como permisible una concentración de huevos de helmintos de máximo uno por litro en aguas residuales tratadas para cultivos que se consumen crudos. Por otra parte, la norma de la United States Environmental Protection Agency (EPA) también establece límites en el contenido de huevos de helmintos en biosólidos utilizados en agricultura, y considera admisible un límite máximo de un

huevo por cada 4 g de sólidos totales. Sin embargo, estas concentraciones no siempre se pueden lograr en los países en desarrollo debido a la alta prevalencia de los huevos en la población y, por consiguiente, en el agua y los lodos provenientes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales (Campos, Beltrán, Fuentes, & Moreno, 2018)

2.3.4 Potencial de Hidrogeno (pH)

El pH es una magnitud de mucha importancia en un sinnúmero de procesos biotecnológicos, como por ejemplo en la neutralización de desperdicios alimenticios. También ha cobrado gran relevancia en la minería y en el control de la contaminación, como es el caso de la neutralización de desechos industriales. El control de esta variable es en general difícil de realizar debido a la dependencia altamente no lineal entre los reactivos que ingresan al sistema y el pH que se establece. Esta no linealidad ya aparece en la definición, puesto que $\log () + \text{pH} = - \text{H}$. Además, el control de pH en ocasiones presenta un comportamiento de fase no mínima; de ahí que a veces al disminuir el flujo de algún reactivo, se produce una disminución de pH y en otras al aumentar este flujo se produce de igual modo una disminución de pH (Amaya, Cañòn, & Aviles, 2004).

Según Castro (2010) El pH representa un parámetro de suma de aguas naturales, así como las aguas residuales que condicionan los ácidos o básicas, tanto que PH es menor de 7.0 se dispone en acidez en el agua, el valor del PH sea mayor se concentra en iones de hidrogeno y mayor es la acidez.

Asimismo, García (2013) el PH se expresa como una medida de actividad de iones hidrógenos por mediciones potenciométricas, donde se utilizan un electrodo de patrón hidrogeno.

La clasificación de los microorganismos según su pH es:

-ACIDOFILICOS Son organismos que presentan un crecimiento óptimo a pH menos que 4. La mayoría de estos microorganismos son capaces de crecer en condiciones aerobias, aunque algunos son anaerobios estrictos. El grupo de los hongos son más acidófilos que las bacterias, muchos hongos crecen en forma óptima a pH 5 o inferior e incluso algunos crecen bien a pH 2. Algunas bacterias producen su ambiente ácido, por ejemplo *Sulfolobus* sp, que produce ácido sulfúrico. (Nacional, 2017)

-ALCALÓFILICOS Algunos microorganismos alcalófilos extremos son también halófilos (amantes de sal), y la mayor parte de éstos pertenecen a Archaea. Los alcalófilos se encuentran por lo general en hábitats muy básicos, como lagos sódicos o suelos ricos en carbonatos. Algunos alcalófilos tienen aplicación industrial porque producen enzimas hidrolíticas como proteasas y lipasas que funcionan bien a pH alcalino y se usan como aditivos de los detergentes domésticos. (Nacional, 2017)

-NEUTROFILICOS Se denominan neutrófilos a los microorganismos con valores de pH neutro, entre 6 y 8. Entre ellos se incluyen a la mayoría de especies de microalgas y otros organismos que forman el fitoplancton, así como algunas bacterias y levaduras que viven en el suelo. (Nacional, 2017)

2.3.5 Conductividad Eléctrica

La conductividad electrolítica es la medida de la capacidad de una solución para conducir una corriente eléctrica y es a veces denominado "conductancia específica". Conductividad electrolítica se define como la inversa o recíproca de resistencia eléctrica (ohmios) y utiliza las unidades de medida denominadas mhos, donde la millonésima parte de un mhos es igual a un micromhos o microsiemens (como es conocido comercialmente, μS). Resistividad es inversa a la conductividad se define como la

medida de la capacidad de una solución para resistir el flujo de una corriente eléctrica. El agua es un disolvente polar. Es decir, la molécula de agua tiene una distribución desigual de los electrones, provocando una porción de la molécula positiva, y otra porción negativa. Como resultado, las moléculas de agua no pueden cargarse eléctricamente. Por lo tanto, el agua no es un conductor eficiente de la corriente eléctrica a menos que impurezas o sustancias disueltas están presentes (HACH COMPANY, 2017).

Según García (2013) plantea que la conductividad eléctrica permite describir la variación de sólidos disueltos que facilitan al laboratorio a emplear o calcular diluciones y al mismo tiempo controlar la calidad de pruebas que da a conocer el grado de corrosión del agua de calderas y la eficiencia. Conductividad eléctrica se incrementa mediante la densidad de corriente donde se mantiene el voltaje de celda de electrocoagulación, manteniéndose la densidad de corriente constante y una disminución de voltaje (Ruiz y Giraldo, 2009).

2.3.6 Turbiedad

La turbiedad mide el nivel de transmitancia de luz en el agua, y sirve como una medida de la calidad del agua en relación a materia suspendida coloidal y residual. En términos generales, no hay relación entre turbidez y concentración de sólidos suspendidos. La turbiedad varía de acuerdo a:

- a) La fuente de luz y el método de medición.
- b) las propiedades de absorción de luz del material suspendido.

Esto hace que se deba tener mucho cuidado al comparar valores de turbiedad de distintas referencias de la literatura. Sin embargo, en un mismo proceso o sistema los valores de turbiedad permiten analizarlo y controlarlo. En Colombia, generalmente se

usa el método nefelométrico-2130 para medir la turbiedad, el cual se encuentra reportado en (Trujillo, y otros, 2014).

Según Castro (2010) la turbidez tiene la capacidad que obtener una materia dividida o un tener un estado coloidal para dispersar la luz, donde indica la calidad de agua y eficacia de la filtración. Así mismo García (2013) sustenta que la turbidez es la expresión de una propiedad óptica, que hace una solución de disperse y al mismo tiempo se puede absorber en un lugar donde se puede transmitir en una línea recta a través de una muestra.

Este método permite comparar valores de distintas referencias de la literatura siempre y cuando se aplique con rigurosidad. La materia suspendida genera los siguientes efectos en las aguas:

- a) Se deposita en los lechos de los ríos.
- b) Cubre el fondo de los ríos, de modo que afecta la reproducción de los peces, o afecta la cadena alimentaria de los mismos.
- c) Si la materia suspendida es materia orgánica, ésta sufre descomposición y flota sobre el agua.
- d) Los sólidos suspendidos pueden generar depósitos de lodos y situación anaerobia. La turbiedad junto con el color y el olor afectan la estética del agua, de modo que la hacen inaceptable para uso público (Trujillo, y otros, 2014).

2.3.7 Temperatura del agua residual

La temperatura del agua residual es mayor que la del agua potable, varía entre 10 y 20° C; esto se debe a que se añade calor al agua en los sistemas de plomería de las

edificaciones. El agua colectada en los sistemas de alcantarillado municipal corresponde a una amplia variedad de usos (Lizarazo & Orjuela, 2013).

La clasificación de las bacterias de acuerdo a la temperatura del agua:

PSICROFILICOS Aguas oceánicas (fondo) • Ártico, Antártico • alta montaña • Nieve, Glaciares Psicrofilicos facultativos • Las bacterias y hongos psicrótrofos provocan descomposición de alimentos en el refrigerador. (Nacional, 2017)

MESOFILICOS INTERVALO: óptimo: 30-45°C representan a la mayoría de los microorganismos distribuidos en el planeta. (Nacional, 2017)

TERMOFILICOS Capaces de crecer a temperaturas superiores a 45°C. **HABITATS** Fuentes termales volcánicas terrestres Fuentes termales submarinas Húmeros Fumarolas (Geiser) Manantiales calientes. (Nacional, 2017)

2.3.8 Oxígeno disuelto (OD)

Es la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Y que es esencial para la vida en los cuerpos acuáticos (lagunas, embalses, ríos). El nivel de oxígeno puede ser un indicador de la contaminación del agua y está relacionado con la capacidad del cuerpo de agua de ser soporte para la biota. Es sabido, que un nivel más alto de O.D indica agua de mejor calidad, a pesar de que los niveles altos de oxígeno están asociados a los fenómenos de eutrofización donde la presencia de algas genera niveles de oxígeno por encima de los valores de saturación. Si los niveles de oxígeno son demasiados bajos la vida de numerosos organismos acuáticos se ven afectadas. Los niveles de oxígeno pueden variar de 0-18 miligramos por litro, el contenido en función a la temperatura de agua, la presión atmosférica y el contenido de sales disueltas (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2017).

Según Goyenola (2007) el oxígeno disuelto está relacionado con la fotosíntesis, donde se trasmite mediante el consumo y eso depende de la respiración, como la descomposición de sustancias orgánicas y la concentración total del oxígeno disuelto dependerá de balance de todos los fenómenos. Tanto que el oxígeno disuelto se reduce a un inicio de putrefacción y cantidades objetables de sulfuras, mercaptanos y la biooxidación aerobia finalmente puede producir sustancias como CO₂ y H₂O (Castro, 2010).

2.3.9 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La oxidación microbiana o mineralización de la materia orgánica es una de las principales reacciones que ocurren en los cuerpos naturales de agua y constituye una de las demandas de oxígeno, ejercida por los microorganismos heterotróficos, que hay que cuantificar. Uno de los ensayos más importantes para determinar la concentración de la materia orgánica de aguas residuales es el ensayo de DBO a cinco días. (Navarro, 2007)

Esencialmente, la DBO es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas, en un periodo de cinco días a 20 °C. En aguas residuales domésticas, el valor de la DBO a cinco días representa en promedio un 65 a 70% del total de la materia orgánica oxidable. La DBO, como todo ensayo biológico, requiere cuidado especial en su realización, así como conocimiento de las características esenciales que deben cumplirse, con el fin de obtener valores representativos confiables. El ensayo supone la medida de la cantidad de oxígeno consumido por organismos vivos en la utilización de la materia orgánica presente en un residuo; por tanto, es necesario garantizar que durante todo el periodo de

ensayo exista suficiente oxígeno disuelto para ser utilizado por los organismos. (Navarro, 2007)

2.4 Enfermedades que ocasionan aguas residuales en la salud de las personas

La presencia o aumento de bacterias, parásitos, virus y hongos en el agua surge usualmente por efecto directo o indirecto de cambios en el medio ambiente y en la población tales como urbanización no controlada, crecimiento industrial, pobreza, ocupación de regiones antes deshabitadas, y la disposición inadecuada de excretas humanas y animales. Los cambios relacionados con las actividades antropogénicas se ven reflejados directamente en el entorno y, por consiguiente, en el recurso hídrico (Ríos, Agudelo, & Gutiérrez, 2017).

Las principales actividades que favorecen la contaminación de aguas son las agropecuarias como movilización de animales, cultivos, abonos orgánicos mal procesados y disposición inadecuada de aguas residuales que afectan la calidad microbiológica de las fuentes de agua. Aunque la presencia de microorganismos de transmisión hídrica no está limitada a una región específica en el mundo, o a su nivel de desarrollo, los problemas de desplazamiento, la respuesta ineficiente de los servicios de salud, la poca inversión de los Estados en la garantía de la potabilización del agua para toda la población, la falta de control de brotes y la falta de intervención de los sistemas de salud pública, favorecen la propagación, incidencia, morbilidad y mortalidad asociada a enfermedades relacionadas con el agua de consumo, principalmente en países en vía de desarrollo (Ríos, Agudelo, & Gutiérrez, 2017).

Mundialmente, las infecciones gastrointestinales son una de las causas más importantes de morbilidad y mortalidad entre los lactantes y niños. Se ha estimado que en Asia, África y Latinoamérica la probabilidad de que un niño muera antes de los 5 años puede

llegar a 50%, aunque esto depende de factores socioeconómicos y nutricionales. Las enfermedades gastrointestinales infecciosas son causadas por bacterias (principalmente *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Shigella*), parásitos (*Giardia lamblia* y amebas), y virus (Rotavirus y virus Norwalk) al consumir alimentos y agua contaminados con materia fecal. Las infecciones agudas del tracto gastrointestinal figuran entre las enfermedades infecciosas más frecuentes. Los cuadros gastrointestinales pueden presentarse en cualquier época del año, pero el riesgo de sufrir estas enfermedades se incrementa en la temporada de calor (Hernández, Aguilera, & Castro, 2011)

2.5 Efluente y Afluente

Estandarizar la metodología para el desarrollo del monitoreo de la calidad del agua residual tratada (efluente), de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (PTAR). Además es aplicable al agua residual cruda (afluente) que ingresa a la PTAR (DIGESA, 2007).

2.6 Down-Flow Hanging Sponge

2.6.1 Antecedentes

El crecimiento económico de Indonesia en la última década no se ha correspondido por un aumento en las instalaciones de saneamiento de la comunidad. En general, las ciudades de Indonesia no tienen prácticamente ningún sistema de alcantarillado adecuado. Principalmente, las aguas residuales domésticas producidas por las comunidades se descargan directamente en canales y ríos o en fosas sépticas que se mantienen inadecuadamente. La mayoría de los tanques sépticos están mal contruidos, independientemente del agua, y por lo general se desbordan en los drenajes de la carretera. (Machdar, Muhammad, Onodera, y Syutsubo, 2015).

El Informe del Banco Mundial, en el Estudio sobre el País de Indonesia, menos del 5 por ciento de los lodos recogidos de las fosas sépticas son tratadas adecuadamente y sólo un 1 por ciento de las aguas residuales generadas por la población son tratadas, generando salud y medio ambiente problemas. Por otra parte, aproximadamente el 14 por ciento de los habitantes urbanos todavía utilizan la defecación abierta (Machdar, Muhammad, Onodera, y Syutsubo, 2015).

Con enormes recursos naturales y la creciente economía india es el segundo grupo más grande de personal técnico y científico en el mundo. La contaminación de las industrias de tamaño pequeño, coloca a los reguladores indios frente a un difícil arbitraje entre el desarrollo económico, social y la sostenibilidad ambiental. El crecimiento incontrolado de las áreas urbanas ha dificultado y costado la planificación y expansión de los sistemas de agua y alcantarillado (Bhardwaj, 2011).

En los países industrializados, el efluente está generalmente clorado para la desinfección en el último proceso de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, en los países en desarrollo, la simplicidad debe ser la máxima prioridad para la tecnología de tratamiento de aguas residuales con el objetivo de fomentar la propagación de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Según nuestra experiencia, incluso tareas sencillas de mantenimiento y operación como el intercambio de envases desinfectantes no se realizaron adecuadamente en algunos países en desarrollo. Por lo tanto, un proceso de tratamiento secundario que pueda realizar una desinfección adecuada por sí mismo sería muy útil como un proceso de tratamiento de alcantarillado en esos países (Uemura et al., 2012).

Los gobiernos locales son responsables de las plantas de tratamiento. Sin embargo, estos gobiernos locales dependen del gobierno central para la operación de

estas plantas de tratamiento. Como siempre se esperaba, los fondos del gobierno central no siempre son suficientes y así, al efectuar recortes presupuestarios a nivel local, las plantas de tratamiento son las primeras en sufrir. No es sorprendente, por lo tanto, observar que la mayoría de las aguas residuales son vertidas en canales y ríos sin ningún tratamiento (Lloyd y Tembo, n.d.).

Por lo tanto, se diseñó un diseño de reactor DHS alternativo que incluye sub-sistemas modulares aeróbicos, que son conducidos por un bypass de aguas residuales sin procesar lo que proporciona a las capas inferiores. La derivación está diseñada para estimular la anoxia y aliviar la limitación de la desnitrificación, lo que aumenta la eliminación de TN del sistema (Bundy et al., 2017).

Según (Acuña, 2013) en su investigación titulada “Eficiencia del sistema de esponjas colgantes DHS de primera generación en el tratamiento del efluente del reactor UASB” tiene por objetivo la aplicación de una tecnología alternativa de post tratamiento o tratamiento secundario diseñada para tratar el efluente de los reactores anaerobios de manto de lodos y flujo ascendente (UASB), que tiene la ventaja de generar un gran ahorro de terreno en comparación con las lagunas facultativas, El sistema fue capaz de remover 84,6 % de turbiedad, 94 % de DBO, 11 % de sólidos totales, 84 % de DQO y 99,961 % de Coliformes fecales. Estos resultados llevan a concluir que el sistema DHS presenta una alta eficiencia y estabilidad en el tratamiento de la carga orgánica y bacteriológica del efluente de un reactor UASB.

2.6.2 Sistema de un DHS

Es un sistema de reactor que tiene un buen rendimiento de retención de biomasa es adecuado. La selección del sistema de reactor apropiado es uno de los factores decisivos para llevar a cabo el proceso con éxito. Se ha aplicado con éxito un reactor de

esponja suspendida (DHS) para eliminar la cantidad de materia orgánica en aguas residuales (Chuang, Yamaguchi, Harada, y Ohashi, 2008).

Las propiedades de los medios esponjosos en el núcleo de los reactores DHS deben ser mejoradas, especialmente en términos de su trabajabilidad para facilitar la construcción de reactores a gran escala y su comportamiento en el tratamiento. En la actualidad, el mejor sistema de empaque con respecto a la trabajabilidad es "empaquetamiento aleatorio" que emplea medios de esponja (G3) de tercera generación y medios de esponja (G6) de sexta generación (Okubo, Iguchi, Takahashi, Kubota, y Uemura, 2016).

2.6.2.1 Diseño de un DHS post tratamiento de reactor UASB

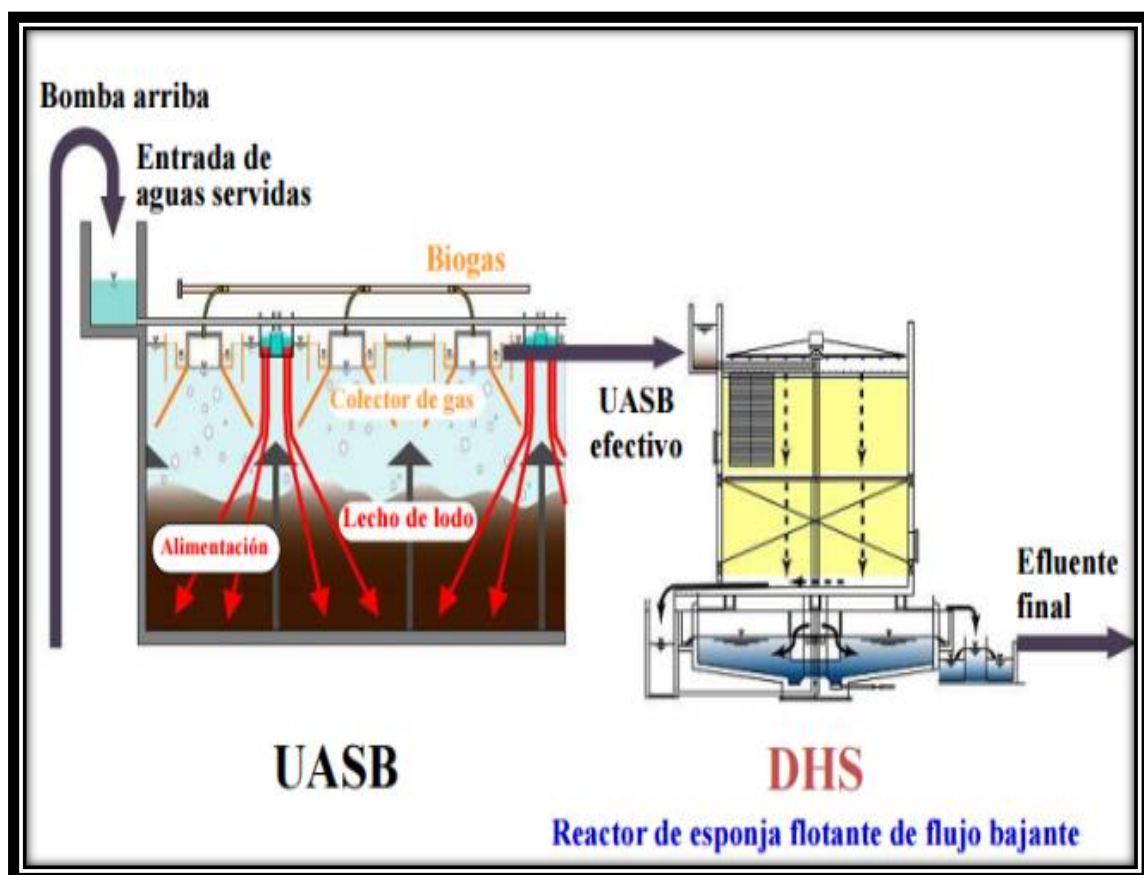


Figura 3. Esquema de un reactor UASB y reactor DHS (Harada, 2019).

2.6.2.2 Tipo de agua residual que se utiliza en un DHS

Este sistema denominado Downflow Hanging Sponge (DHS), es un nuevo sistema de tratamiento secundario para aguas residuales domésticas.

2.6.2.3 Procesos en el tratamiento de aguas residuales CITRAR UNI

A) Procesos físicos en el tratamiento de aguas residuales

Unidades de Pre-Tratamiento.

a) Captación:

Las aguas residuales domésticas ingresan a la PTAR mediante una derivación que se hace al colector más cercano a la zona de captación de CITRAR, dicha derivación está constituida por una tubería de 8" de diámetro que recoge los desagües de los AA.HH. El Ángel y El Milagro y que termina en la zona de captación. Es un colector de las aguas residuales, físicamente es un tanque cuadrado de concreto que permite el ingreso de las redes de SEDAPAL a 10 litros/segundo. (Mendoza García, 2017)



Figura 4. Vista panorámica de la zona de captación de CITRAR-UNI.

b) Cámara de rejas:

Es una cámara que tiene dos tipos de rejas de barras (fierros) separadas a ciertas distancias específicas (Mendoza García, 2017).

- Rejas Gruesas:

Tiene como finalidad capturar residuos sólidos de mayor tamaño.

- ☐ Separación de las barras: 2.5cm
- ☐ Espesor: 0.5cm
- ☐ Inclinación: 30°
- ☐ Cantidad de barras: 32



Figura 5. Vista panorámica de la cámara de rejas gruesas de CITRAR-UNI.

- Rejas Finas:

Tiene como finalidad capturar residuos sólidos de menor tamaño.

- ☐ Separación de las barras: 1.5cm
- ☐ Espesor: 0.5cm
- ☐ Inclinación: 56°

- ☐ Cantidad de barras: 19



Figura 6. Vista panorámica de la cámara de rejillas finas de CITRAR-UNI.

c) Desarenador:

Permite remover las arenas que usualmente arrastran las aguas residuales. Este desarenador es de flujo horizontal, y de sección rectangular. CITRAR - UNI tiene dos unidades de funcionamiento alterno. (Mendoza García, 2017)

- ☐ Remueve: Arenas
- ☐ Flujo: Horizontal
- ☐ Sección: Rectangular con tolva trapezoidal
- ☐ Velocidad: Controlada por el vertedero Suro
- ☐ Limpieza: Manual – Hidráulica



Figura 7. Vista panorámica del desarenador de CITRAR-UNI.

d) Medidor de caudales y vertedero Sutro:

Mide el caudal de ingreso de las aguas residuales pre – Tratadas al reactor UASB (Mendoza García, 2017).

Tipo: Palmer y Bowles $Q = 0.354 \times (h - 5)^{1.5}$

La velocidad es regulada por un Vertedero Sutro y se mide el tirante con un medidor de caudales tipo palmer bowlus.



Figura 8. Vista panorámica del vertedero Sutro y del medidor Bowlus de CITRAR.

B) Procesos biológicos en el tratamiento de aguas residuales en CITRAR

a) Reactor UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) o RAFA (Reactor anaerobio de flujo ascendente) de CITRAR-UNI

Los reactores UASB (del inglés Upflow Anaerobic Sludge Blanket), también conocido como RAFA (Reactor anaerobio de flujo ascendente) son un tipo de biorreactor tubular que operan en régimen continuo y en flujo ascendente. (Mendoza García, 2017)

Principio de operación (Fases/Reacciones Químicas)

Las fases podemos separarlos por tratamientos.

Tratamiento primario:

Conformado por:

- ☐ Zona de digestión
- ☐ Zona de sedimentación
- ☐ Zona de concentración de biogás

Subproductos:

- ☐ Efluente tratado
- ☐ Biogás
- ☐ Lodos

Parámetros removidos:

- ☐ DBO
- ☐ DQO
- ☐ Sólidos suspendidos totales

Dimensiones:

- ☐ Profundidad 6m
- ☐ Largo 11.40m
- ☐ Ancho 8.40m

Zona de digestión:

En esta zona se lleva a cabo el contacto entre las aguas residuales y el lodo anaerobio, atravesando el manto de lodos en donde los microorganismos anaerobios estabilizan la materia orgánica llevándose a cabo las reacciones típicas del medio anaerobio. Dadas estas condiciones se logra reducir la DQO del efluente, se remueve parte de los sólidos suspendidos y se generan biogás como subproducto. (Mendoza García, 2017)

Consideraciones de Diseño UASB:

- ☐ Separación de fases con una pendiente de 45° y 60°
- ☐ La superficie de las aberturas entre los colectores de gas no debe ser menor que un 15-20% de la superficie total.
- ☐ La altura del colector de gas debe estar entre 1.5 y 2 m para reactores de 5 a 7 m de altura.
- ☐ Generalmente, se instalan cortaespumas en los canales de salida del líquido.
- ☐ El diámetro de las cañerías de gas debe ser adecuado para facilitar la remoción del mismo, particularmente si se forma espuma.
- ☐ Pueden instalarse rociadores en la parte superior para combatir la formación de capa flotante (scum)
- ☐ El solapamiento entre los baffles debe ser de 10 a 20 cm para evitar que las burbujas de gas entren en la zona de sedimentación.

Parámetros de operación- UASB

- ☐ Máxima carga orgánica espacial permitida (cantidad de biomasa y capacidad metabólica)
- ☐ Máxima carga hidráulica permitida ($V_{asc.m\acute{a}x}$)
- ☐ Máxima carga de gas aplicable (colector de gas y carga aplicable $kg\ DQO/m^3d$)
- ☐ Tiempo de retención de sólidos en el colector (acumulación de biomasa)



Figura 9. Vista panorámica del reactor UASB moderno y antiguo de CITRAR.

b) Poza de Secado de Lodos:

Es la poza donde se realiza la deshidratación del lodo que se retira del reactor cuando ya cumple el tiempo de operación. Esta unidad cuenta con un medio filtrante conformado por arena y grava. (Mendoza García, 2017)

- ☐ Altura máxima 15cm
- ☐ Largo 52m
- ☐ Ancho 11.5m



Figura 10. Vista panorámica de la poza de secado de lodos de CITRAR-UNI.

c) Lagunas facultativas de estabilización

CITRAR-UNI posee dos lagunas de tipo facultativas dispuestas en serie, las cuales reciben el efluente del Reactor UASB. La laguna secundaria es de forma rectangular, tiene un volumen de 7500 m³ y el ingreso del agua residual es mediante tres tuberías que van hacia el fondo de la laguna; la laguna terciaria es cuadrada y posee un volumen de 3750 m³.

Los procesos que se desarrollan en las lagunas son: sedimentación, digestión de lodos, estabilización aerobia de la materia orgánica con consumo de CO₂; fotosíntesis con formación de algas, producción de O₂ y consumo de CO₂; y remoción de bacterias y parásitos.

Actualmente la laguna secundaria se encuentra en funcionamiento y la terciaria se encuentra en mantenimiento ya que se está colocando geomembranas a ambas lagunas.



Figura 11. Vista panorámica de las lagunas secundaria y terciaria de CITRAR.

2.6.3 Ventajas de un Reactor DHS

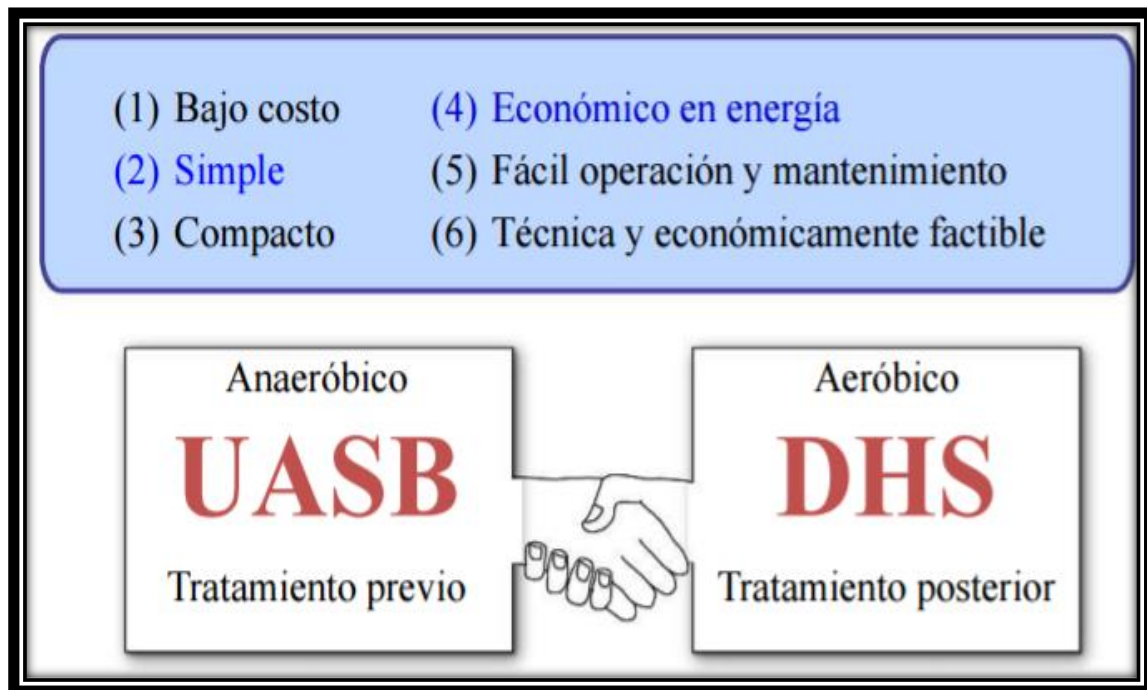


Figura 12. Ventajas cuando se utiliza un reactor DHS (Harada, 2019).

2.6.4 Eficiencia de un DHS

Un caso que tenemos en la ejecución de un DHS tenemos el caso de Japón que nos menciona que el proceso principal en este sistema es el DHS (reactor de esponja colgante de flujo descendente) como tratamiento posterior del efluente UASB. En la primera etapa DHS, los medios de DHS eran los cubos de poliuretano de 20 mm a 30

mm con una cuerda. Cuando el efluente de UASB fue entrada al medio lateral superior y fluyó aguas abajo a través de medios y cuerdas, la DBO en el agua se oxidó eficazmente en el sentido descendente por la función de espuma de poliuretano que puede retener agua y microorganismo (Ministry of the Environment, 2005).

	DHS G1	DHS G2	DHS G3	DHS G4	DHS G5	DHS G6
Tiempo de Retención hidráulico (horas)	2.3	2	2.7	2	2.5	2
Remoción DBO (%)	97	96	98	96	95	96
Remoción DQO (%)	94	84	93	93	90	93
Remoción de sólidos suspendidos (%)	98	68	92	93	95	95
Remoción de coliformes fecales (log 10)	-	2.7	2.6	3.5	4	2.8
Capacidad de la esponja (%)		90-100	-	100-125	90-125	100
Tiempo de retención de sólidos (días)	-	25	38	38	55-57	34

Fuente: Exposición "Indian-Japan International Collaboration for an innovative sewage treatment technology with cost-effective and minimum energy requirement" - Hideki Harada.

Figura 13. Imagen de la eficiencia de los reactores DHS en sus diversas generaciones de la PTAR de Nagaoka-Japón (Harada, 2019).

Según Ministry of the Environment, (2005) El oxígeno también se suministró eficientemente desde el aire en la parte de aguas abajo sin equipo como soplador.

Esta técnica se asemeja a un filtro de goteo sin ese medio. Sin embargo, el rendimiento, los parámetros de diseño y los métodos de conducción del DHS eran muy diferentes de los filtros de goteo convencionales. Especialmente, la alta proporción de eliminación de DBO se obtiene más del 90%. (Ministry of the Environment, 2005)

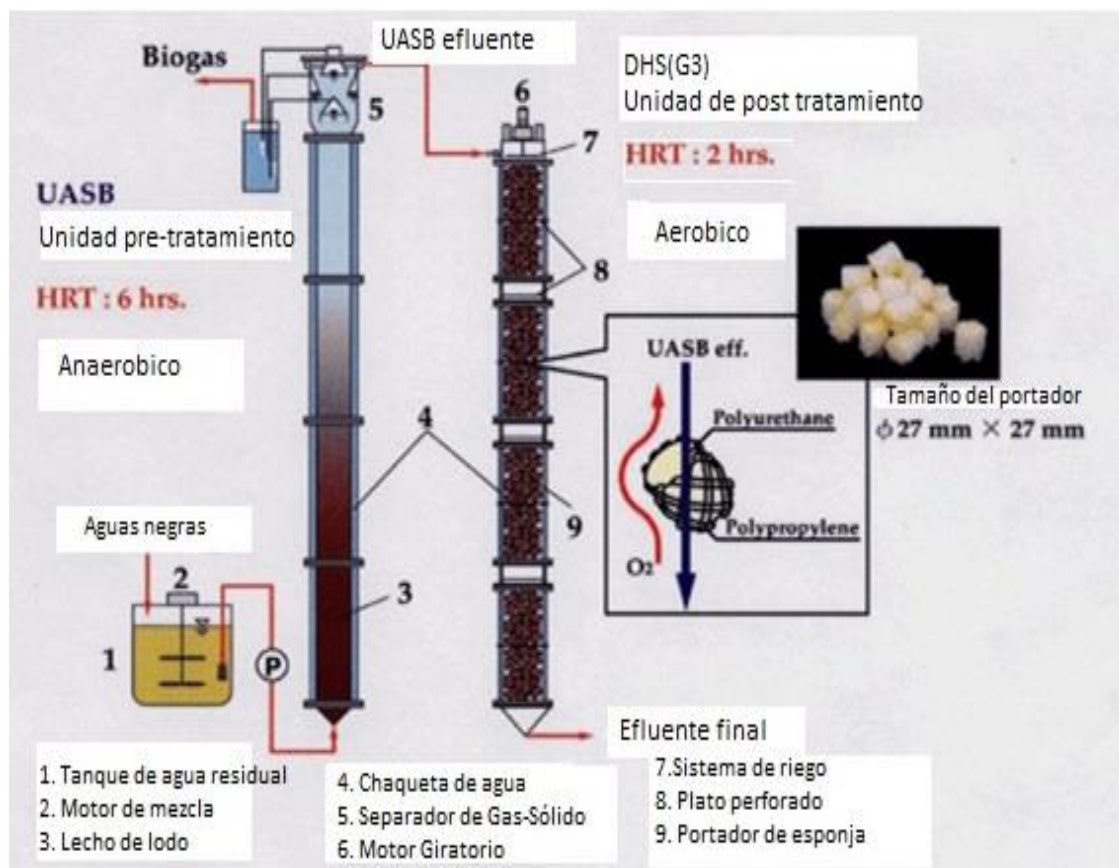


Figura 14. UASB y DHS sistema de tratamiento (Ministry of the Environment, 2005).

2.6.5 Tipos de reactores DHS

Tabla 1

Generaciones de reactores DHS.

Reactor por Generación	Descripción del medio
Reactor DHS - G1	Esponjas tipo cubo colgadas verticalmente
Reactor DHS - G2	Esponjas cortina colgadas verticalmente
Reactor DHS - G3	Esponjas tipo filtro percolador
Reactor DHS - G4	Esponjas tipo dispuestas
Reactor DHS - G5	Esponjas tipo continuas
Reactor DHS - G6	Esponjas dura

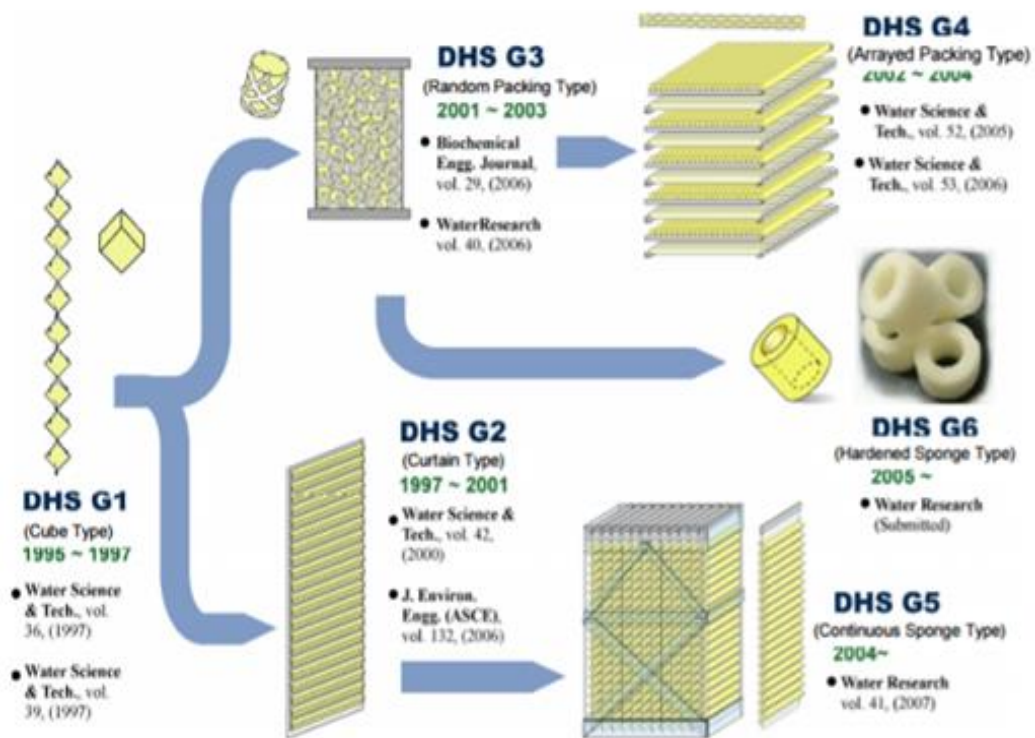


Figura 15. Generaciones de los DHS a través de los años (Harada, 2019).

2.6.6 Mecanismos del DHS en el tratamiento de las aguas residuales



Fuente: H. Harada. Asian Science and Technology Seminar, 2008.

Figura 16. Tecnología DHS a escala real construido en la India, 2002 (Harada, 2019).

Tabla 2

Criterios de diseño de la tecnología DHS a escala real construido en la India, 2012.

Volumen de la unidad	126 m ³
Diámetro de la Unidad	5.5m
Alto de la Unidad	5.3 m
Volumen de esponjas	31m ³
Tiempo de Retención Hidráulica	1.5 horas
Volumen de desagüe tratado	5.8 l/s (500m ³ /día)

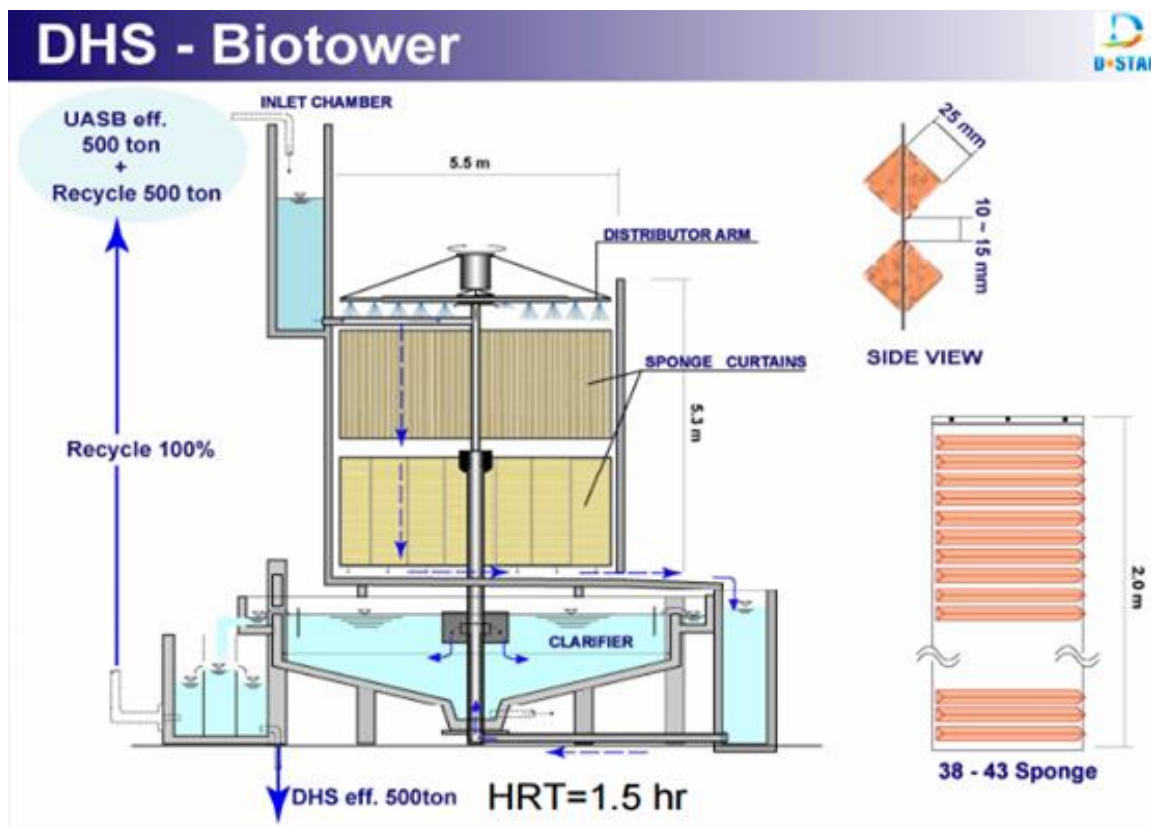


Figura 17. Tecnología DHS con su clarificador para un volumen de 300m³ (Harada, 2019).

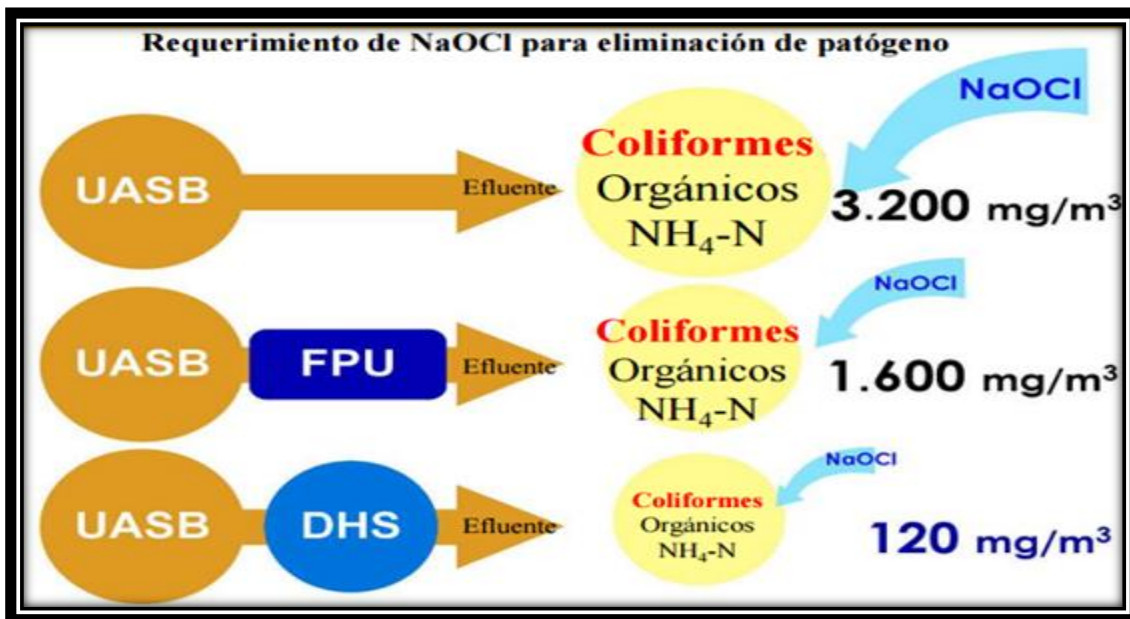


Figura 18. Dosis optima de hipoclorito de sodio para un volumen de 1m³ (Harada, 2019)

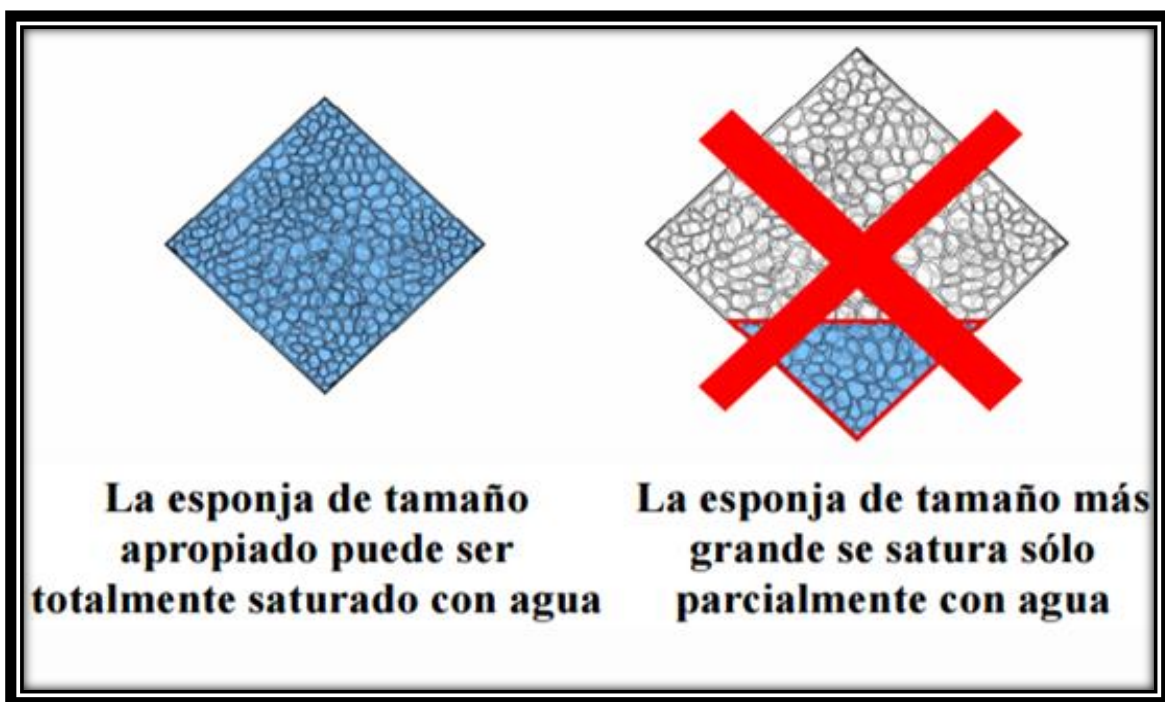


Figura 19. Criterios en el tamaño de la esponja (Harada, 2019)

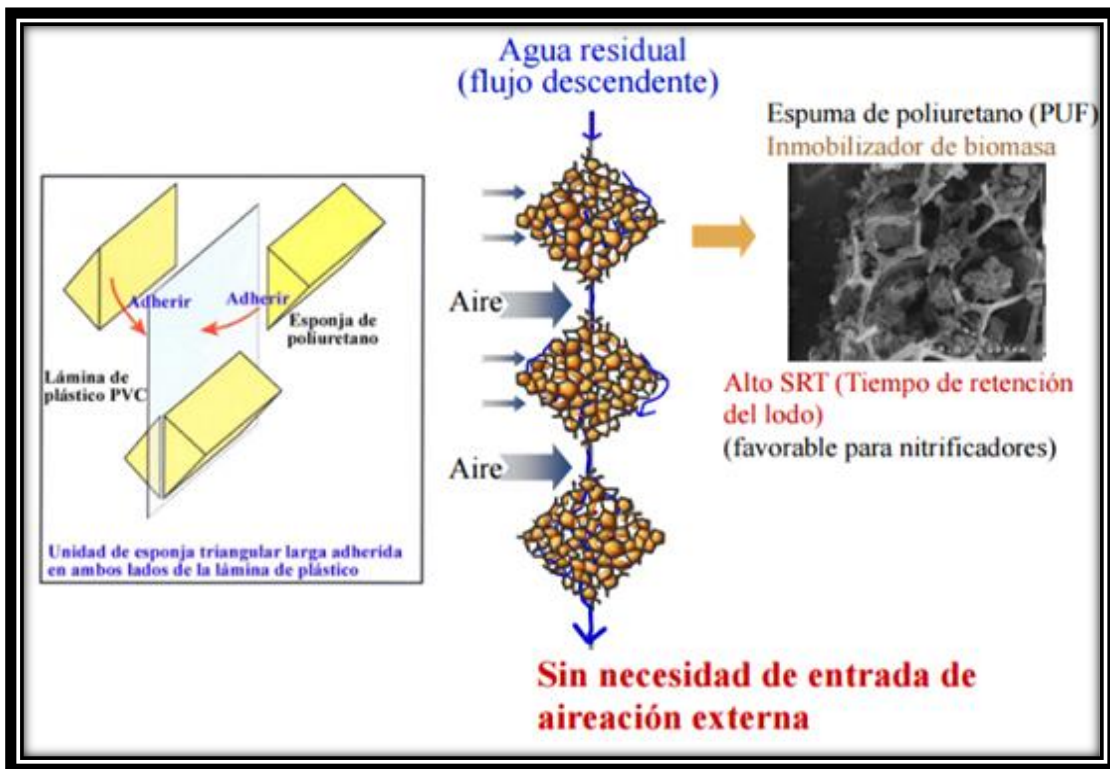


Figura 20. Proceso de aireación en las esponjas colgantes (Harada, 2019).



Figura 21. Medios de soportes y formas distintas de esponjas de poliuretano para DHS de 3 y 6 generación (Harada, 2019).

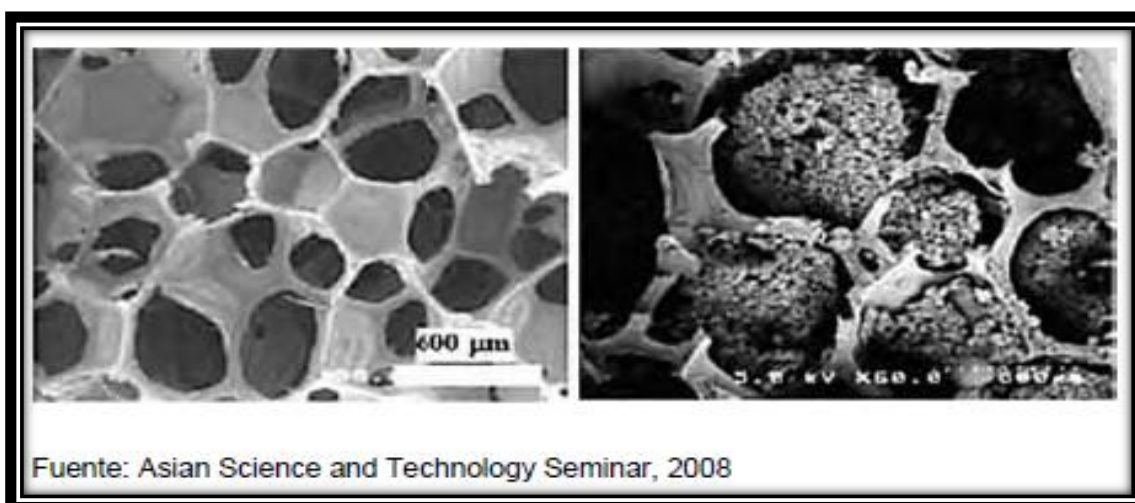


Figura 22. Esponja de poliuretano sin biomasa y con biomasa (Harada, 2019).

	DHS G1	DHS G2	DHS G3	DHS G4	DHS G5	DHS G6
Tiempo de Retención hidráulico (horas)	2.3	2	2.7	2	2.5	2
Remoción DBO (%)	97	96	98	96	95	96
Remoción DQO (%)	94	84	93	93	90	93
Remoción de sólidos suspendidos (%)	98	68	92	93	95	95
Remoción de coliformes fecales (log 10)	-	2.7	2.6	3.5	4	2.8
Capacidad de la esponja (%)		90-100	-	100-125	90-125	100
Tiempo de retención de sólidos (días)	-	25	38	38	55-57	34

Fuente: Exposición "Indian-Japan International Collaboration for an innovative sewage treatment technology with cost-effective and minimum energy requirement" - Hideki Harada.

Figura 23. Imagen de la eficiencia de los reactores DHS en sus diversas generaciones de la PTAR de Nagaoka-Japón (Harada, 2019).

En cuanto a los mecanismos químicos de depuración del agua residual, la concentración de oxígeno disuelto en el DHS contribuye grandemente a la estabilización de la materia orgánica que ingresa al sistema. El DHS recibe los efluentes del reactor UASB sin oxígeno. Al fluir el agua residual por el reactor, humedece las primeras esponjas que encuentra a su paso, luego sale de ellas, entra en contacto con el aire y entra nuevamente a la siguiente esponja. Durante este patrón de flujo repetido, el aire se difumina en el agua residual creando un incremento de la concentración de OD. El OD final debe ser mayor al siguiente rango de 5 – 6 mg/l. En virtud de este fenómeno, no hay necesidad de aireación artificial en el reactor DHS.

Existen también mecanismos hidráulicos que influyen en el desprendimiento de la película biológica. Es importante el control de la carga hidráulica en el sistema para que no se produzca un desprendimiento excesivo.

2.7 Base Legal

2.7.1 Constitución política del Perú

Artículo 195.- Los gobiernos locales promueven el desarrollo y la economía local, y la prestación de los servicios públicos de su responsabilidad, en armonía con las políticas y planes nacionales y regionales de desarrollo.

Son competentes para: (...) 8. Desarrollar y regular actividades y/o servicios en materia de educación, salud, vivienda, saneamiento, medio ambiente, sustentabilidad de los recursos naturales, transporte colectivo, circulación y tránsito, turismo, conservación de monumentos arqueológicos e históricos, cultura, recreación y deporte, conforme a ley.
(Nuñez, 2015)

2.7.2 Código penal

Título XIII delitos contra la ecología

Capítulo único delito contra los recursos naturales y el medio ambiente

Artículo 304.-Contaminación del medio ambiente

El que, infringiendo las normas sobre protección del medio ambiente, lo contamina vertiendo residuos sólidos, líquidos, gaseosos o de cualquier otra naturaleza por encima de los límites establecidos, y que causen o puedan causar perjuicio o alteraciones en la flora, fauna y recursos hidrobiológicos, será reprimido con pena privativa de libertad, no menor de uno ni mayor de tres años o con ciento ochenta a trescientos sesenta Y cinco días-multa. Si el agente actuó por culpa, la pena será

privativa de libertad no mayor de un año o prestación de servicio comunitario de diez a treinta jornadas. (Ambiente, Delitos Ambientales, 2008)

2.7.3 Ley General del Ambiente

Artículo 66.- De la salud ambiental

66.1 La prevención de riesgos y daños a la salud de las personas es prioritaria en la gestión ambiental. Es responsabilidad del Estado, a través de la Autoridad de Salud y de las personas naturales y jurídicas dentro del territorio nacional, contribuir a una efectiva gestión del ambiente y de los factores que generan riesgos a la salud de las personas.

66.2 La Política Nacional de Salud incorpora la política de salud ambiental como área prioritaria, a fin de velar por la minimización de riesgos ambientales derivados de las actividades y materias comprendidas bajo el ámbito de este sector. (Ambiente, Ley General del Ambiente Ley N°28611, 2005)

Artículo 67.- Del saneamiento básico

Las autoridades públicas de nivel nacional, sectorial, regional y local priorizan medidas de saneamiento básico que incluyan la construcción y administración de infraestructura apropiada; la gestión y manejo adecuado del agua potable, las aguas pluviales, las aguas subterráneas, el sistema de alcantarillado público, el reusó de aguas servidas, la disposición de excretas y los residuos sólidos, en las zonas urbanas y rurales, promoviendo la universalidad, calidad y continuidad de los servicios de saneamiento, así como el establecimiento de tarifas adecuadas y consistentes con el costo de dichos servicios, su administración y mejoramiento. (Ambiente, Ley General del Ambiente Ley N°28611, 2005)

2.7.4 Ley General de servicios de saneamiento Ley N°26338

Artículo 2.- Para los efectos de la presente Ley, la prestación de los Servicios de Saneamiento comprende la prestación regular de: servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial y disposición sanitaria de excretas, tanto en el ámbito urbano como en el rural.

Artículo 3.- Declárese a los Servicios de Saneamiento como servicios de necesidad y utilidad pública y de preferente interés nacional, cuya finalidad es proteger la salud de la población y el ambiente. (Republica P. d., Ley General de servicios de saneamiento, 2006)

2.7.5 Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua

El Decreto Supremo N°004-2017-MINAM **Categoría 3:** Riego de vegetales y bebida de animales a) **Subcategoría D1: Riego de vegetales**

Agua para riego no restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; **parques públicos**, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo. (Republica P. d., 2017)

2.7.6 Límites Máximos Permisibles (LMP)

Con la finalidad de controlar excesos en los niveles de concentración de sustancias físicas, químicas y biológicas presentes en efluentes o emisiones, para evitar daños a la

salud y al ambiente, el Ministerio del Ambiente publicó el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, por el cual se aprueban los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda. (Republica P. d., Aprueban Limites Maximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales, 2010)

CAPITULO III:

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

El sistema de Down-flow Hanging Sponge (DHS) de esponjas colgantes a escala piloto se ubicó en la zona Norte del Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos CITRAR-UNI, en el distrito del Rímac, departamento de Lima-Perú. Con las siguientes coordenadas 276840.26 m E y 8671384.47 m S.

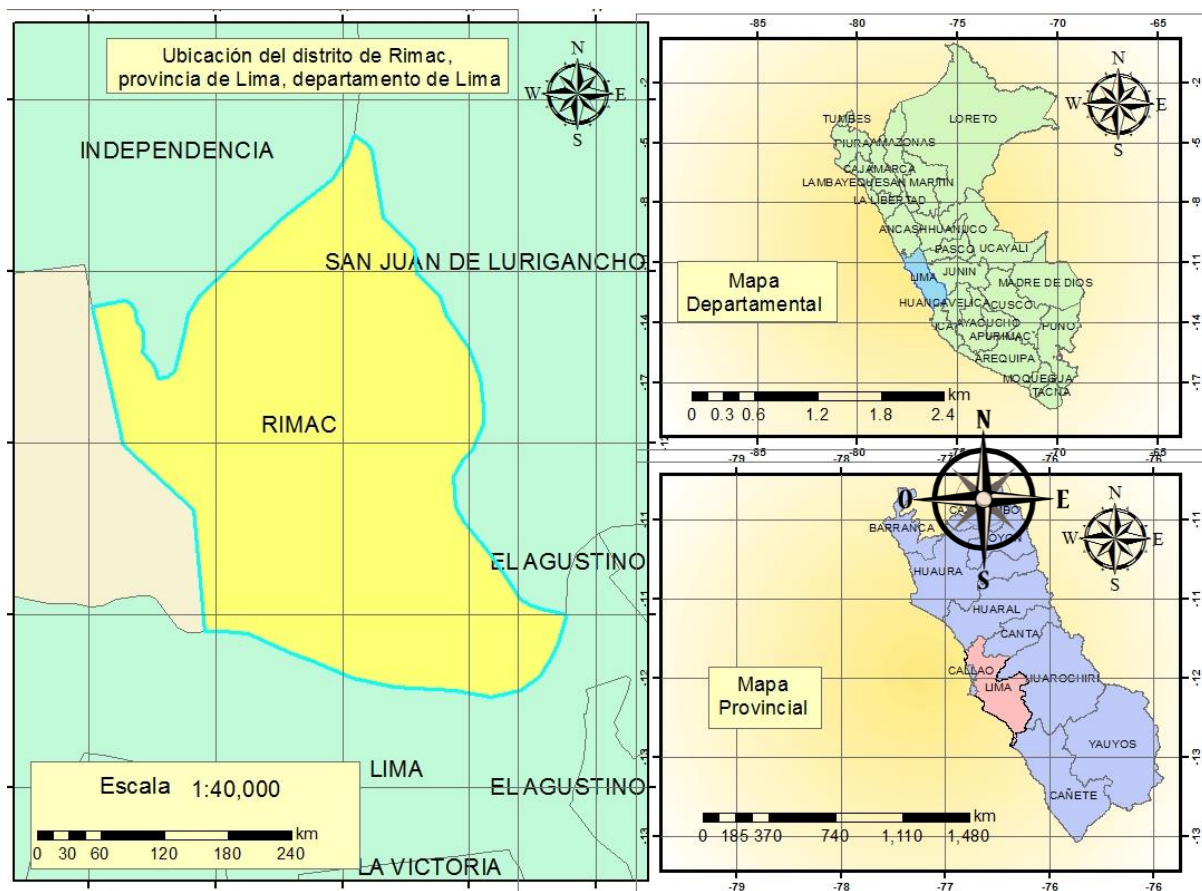


Figura 24. Ubicación del prototipo DHS de CITRAR-UNI (Arcgis, 2019).

3.2 Materiales y equipos

3.2.1 Material y muestreo

Se tomó 1 muestra del efluente del reactor UASB y 2 muestras del efluente del sistema DHS (R1 Y R2).



Figura 25. Frascos de vidrio con sus respectivas muestras.

Se realizó la medición de los parámetros fisicoquímicos en el laboratorio de CITRAR-UNI y microbiológicos en los laboratorios de Servicios Analíticos Generales SAC.

3.2.1.1 Muestreo del efluente del reactor UASB

Para los **parámetros físico-químicos (pH, temperatura, turbiedad, oxígeno disuelto y conductividad)**, para la realización de la toma de muestra del efluente del reactor UASB, se utilizó un frasco de vidrio de 100ml, se utilizó guantes, guardapolvo y casco de seguridad durante el muestreo, se introdujo el frasco de vidrio en una manguera de media pulgada que está destinada para el muestreo, se esperó que el frasco se llene con el efluente del reactor UASB y se utilizó una tapa para que este no se derrame, luego se llevó al laboratorio de CITRAR en una caja de tecnopor para su análisis correspondiente.

Para los **parámetros microbiológicos (Coliformes termotolerantes)**, para la realización de la toma de muestra del efluente del reactor UASB, se utilizó un frasco de vidrio de 1L, se utilizó guantes, guardapolvo durante el muestreo, luego se introdujo el frasco de vidrio en una manguera de media pulgada que está destinada para el muestreo, se esperó que el frasco de vidrio se llene con el efluente del reactor UASB y se utilizó una tapa para que este no se derrame, para la preservación de la muestra se utilizó gel pack y se transportó en un cooler de 4L, se rotulo los frasco y se llenó la cadena de custodia, luego se llevó al laboratorio de Servicios Analíticos Generales SAC para su análisis correspondiente.

3.2.1.2 Muestreo del efluente del reactor DHS

Para los **parámetros físico-químicos (pH, temperatura, turbiedad, oxígeno disuelto y conductividad)**, para la realización de la toma de muestra del efluente del sistema DHS, utilizando un frasco de vidrio de 100ml, se utilizó guantes, guardapolvo y casco de seguridad durante el muestreo, se introdujo el frasco de vidrio en una manguera de media pulgada que está destinada para el muestreo, se esperó que el frasco se llene con el efluente del sistema DHS y se utilizó una tapa para que este no se derrame, luego se llevó al laboratorio de CITRAR en una caja de tecnopor para su análisis correspondiente.

Para los **parámetros microbiológicos (Coliformes termotolerantes)**, para la realización de la toma de muestra del efluente del sistema DHS, se utilizó un frasco de vidrio de 1L, se utilizó guantes, guardapolvo durante el muestreo, luego se introdujo el frasco de vidrio en una manguera de media pulgada que está destinada para el muestreo, se esperó que el frasco de vidrio se llene con el efluente del sistema DHS y se utilizó una tapa para que este no se derrame, para la preservación de la muestra se utilizó gel

pack y se transportó en un cooler de 4L, se rotulo los frasco y se llenó la cadena de custodia, luego se llevó al laboratorio de Servicios Analíticos Generales SAC para su análisis correspondiente.

3.2.2 Análisis

Se realizó los análisis físico-químicos tanto del efluente del reactor UASB como del efluente del reactor DHS (pH, temperatura, turbiedad, oxígeno disuelto y conductividad) de dos a tres veces al día en los laboratorios de CITRAR-UNI de Lunes a Viernes durante 1 mes para el periodo de arranque y 2 meses para la parte experimental.

En cuanto al análisis del parámetro microbiológico (Coliformes termotolerantes) se llevó las muestras al laboratorio de Servicios Analíticos Generales SAC cada 15 días durante la parte experimental, es decir 2 meses obteniendo 4 resultados coherentes.

Tabla 3
Análisis de los parámetros, equipos y métodos de ensayo.

PARÁMETROS	EQUIPO	MÉTODO DE ENSAYO
pH	Multiparametro HQ40d de Hach	Método EPA 150.2
Conductividad	Conductimetro	Standard method y métodos EPA
Temperatura del agua	Multiparametro HQ40d de Hach	Método EPA 150.2
Turbiedad	Turbidímetro portátil 2100Q/2100Q IS de Hach	Método de USEPA 180.1
Oxígeno Disuelto	OxímetroHQ40d de Hach	Método EPA 360.1
Coliformes Termotolerantes	Incubadora de laboratorio	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017. Multiple – Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

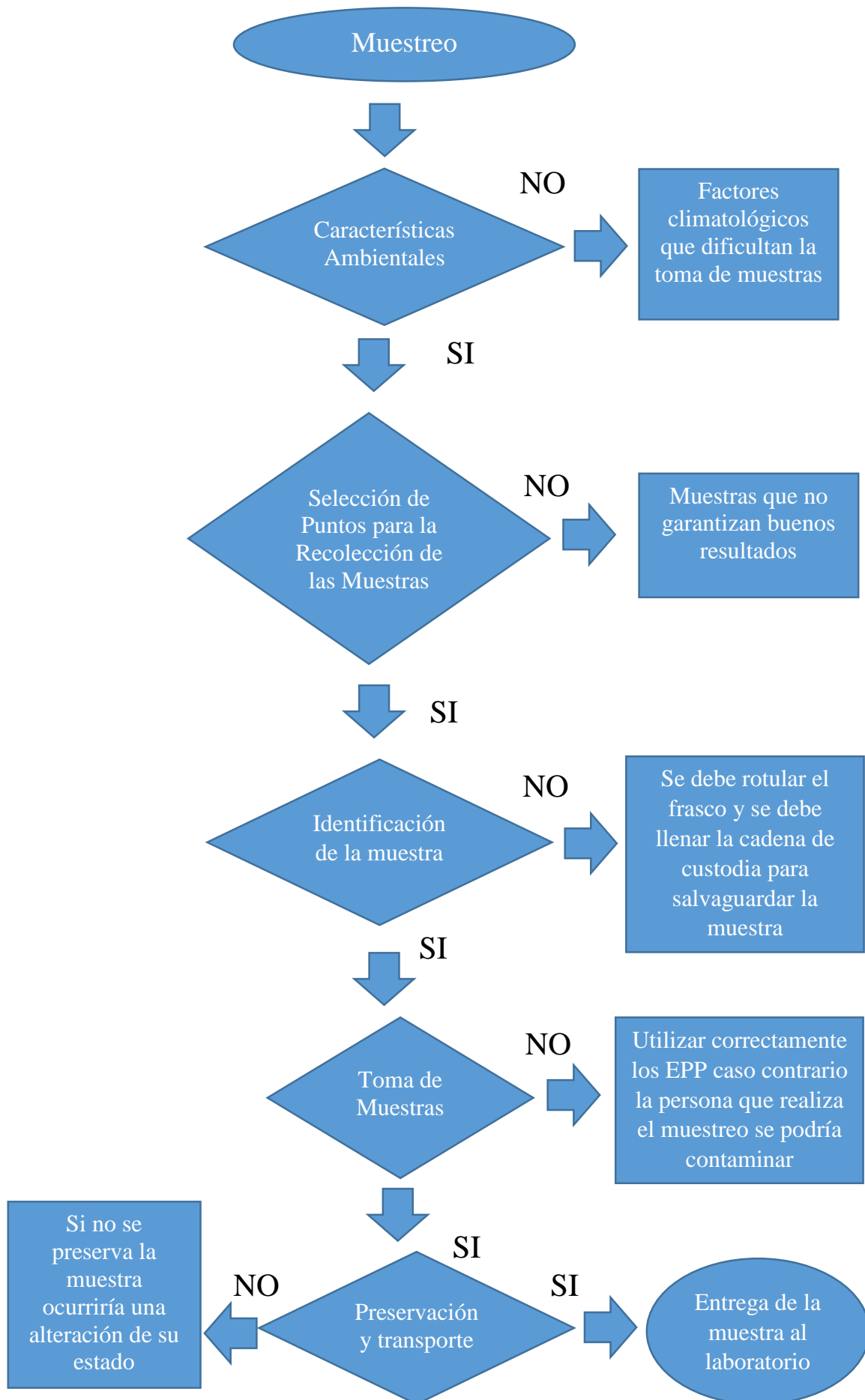


Figura 26. Lado izquierdo medidor de Oxígeno Disuelto (Oxímetro), lado derecho medidor de pH (Multiparametro) de CITRAR-UNI.



Figura 27. Lado izquierdo medidor de conductividad (Conductímetro), lado derecho medidor de turbiedad (Turbidímetro) de CITRAR-UNI.

3.2.3 Diagrama de flujo del muestreo



3.2.4 Materiales y equipos

Tabla 4

Materiales y equipos a utilizarse en la elaboración del prototipo.

Equipo	Parámetro
Multiparametro HQ40d de Hach	pH, Conductividad y Temperatura
Turbidímetro portátil 2100Q/2100Q IS de Hach	Turbiedad
OxímetroHQ40d de Hach	Oxígeno Disuelto
Conductímetro	Conductividad
Equipos de Protección Personal	Cantidad
Casco de seguridad	1
Mascarillas	1 caja (100 unidades)
Caja de guantes de látex	2
Guardapolvo	2
Materiales y reactivos	Cantidad
Frascos de vidrio para muestras	3
Vasos precipitados (100ml)	2
Pizeta de agua destilada	1
Caja de tecnopor	1
Fichas de llenado de datos del monitoreo	9
Balde para purga	2
Materiales para la construcción del DHS	Cantidad
Medidor de nivel	1
Tanque de 250 litros	1
Reducción de PVC ¾"	1

Válvula de bola ¾" de PVC	6
Niple ¾" de PVC	16
Codos ¾" de PVC	6
Tee ¾" de PVC	3
Reductores ½ " de bronce	2
Válvulas de bola ½" de bronce	6
Tee ½" de bronce	2
Tubo abastos 1/2" x 40cm	1
Galonera de 20 litros	1
Esponja de poliuretano cilíndrica	240
Tubos de vidrio	4
Embudos	2
Plato de plástico decagonal	4
Abrazaderas	8
Cinta negra aislante	3
Moldimix	1
Plástico negro	4 metros
Taper de plástico	2
Pintura de agua color negro	1
Thinner	¼ de galón
Lija de madera	1
Pegamento	1
Rodillo	1
Brocha	1
Angulo	1
Tordillo para madera	1
Unión universal	2
Teflón rojo	2
Manguera ¾"	4 metros
Manguera de ½"	7

Nota: La ficha de calibración de los equipos y la ficha de muestreo se encuentran ubicados en los anexos.

3.3 Metodología

3.3.1 Medición de los parámetros

Se midió los parámetros físico-químicos (Temperatura, pH, Turbiedad, Oxígeno Disuelto y Conductividad) y microbiológicos (Coliformes termotolerantes) tanto del efluente del reactor UASB como del efluente del sistema DHS los cuales son comparados con la normativa vigente (D.S. 004-2017-MINAM) categoría 3 para uso de riego no restringido (Parques públicos y jardines).

En cuanto a la **Temperatura** y el **pH** del agua residual y del agua tratada; se utilizó el equipo de Multiparametro, siendo esta medición en 30 segundos, el cual se colocó el sensor en el frasco de vidrio de 100ml de la muestra y se procedió a la lectura correspondiente, una vez finalizada la medición se lavó los materiales utilizados con agua destilada.

Respecto a la **Turbiedad** se utilizó el Turbidímetro, siendo esta medición entre 10 a 15 segundos dependiendo de la cantidad de turbiedad expresada en UNT, se colocó 10ml de muestra en la cubeta de muestra y estas son colocadas en el soporte de cubeta de muestras, se cierra el equipo cubriendo totalmente las cubetas de muestras y se procede a la lectura correspondiente, una vez finalizada la medición se lavó los materiales con agua destilada.

El **Oxígeno Disuelto** es medido por el Oxímetro, normalmente dura de 1 a 2 minutos dependiendo de la cantidad de oxígeno disuelto presente, a mayor oxígeno disuelto menor será el tiempo de espera el resultado obtenido es expresado en mg/L, se colocó el sensor en un vaso precipitado de 100ml, no se debe agitar ni realizar ningún

movimiento de este, se procede a la lectura correspondiente y finalmente se lavó los materiales con agua destilada.

En cuanto a la **conductividad** fue medido por el Conductímetro, normalmente dura de 30 a 50 segundos y es expresado en $\mu\text{S}/\text{cm}$, se midió con ayuda del sensor en un vaso precipitado de 100ml, se procede a la lectura correspondiente y finalmente se lava los materiales con agua destilada.

En cuanto a los coliformes termotolerantes el laboratorio Servicios Analíticos Generales SAC utilizó como método de ensayo Tubos Múltiples entregando los resultados en NMP/100ml en un lapso de 9 días hábiles.

3.3.2 Diseño del reactor DHS

Para el funcionamiento del sistema se captó agua de la salida del Reactor Anaerobio de Manto de Lodos de Flujo Ascendente, se bombeó y se almacenó en un cilindro de 200 litros que estuvo colocado en la parte superior de la estructura del sistema.

1. El agua residual del tanque de almacenamiento pasa a una unidad de distribución mediante una Tee se repartió el caudal para los dos reactores pilotos del sistema (90 L/día), es decir cada reactor tuvo un caudal de ingreso de (45L/día) un tiempo de retención de 90 minutos y antes de la Tee se colocó también una válvula tipo bola para el mantenimiento.
2. Después de la Tee de PVC, se colocó dos codos con un reductor de bronce cada uno los cuales se unieron con la tubería de $\frac{1}{2}$ " que condujo el agua a los reactores.

3. La tubería de ½” fue transparente y se forro con cinta aislante para evitar el paso de luz solar y con esto la formación de algas en ella, además también se conectó un juego de válvulas para poder controlar el caudal de ingreso a cada columna del sistema.
4. Se colocó 4 tapers de plástico decagonales por donde paso el agua. Estos se han encontrado suspendidos en la parte superior de los reactores y se colocó nilón de 1mm de espesor antes que caiga a la esponja cilíndrica.
5. Para llegar a nuestro objetivo se construyó dos reactores a escala piloto, cada columna estuvo constituida de dos tubos de vidrio. La altura de cada tubo fue de 40 cm y 3cm de embudo.
6. Se utilizó como medio filtrante esponjas cilíndricas de poliuretano de 1,5 pulgadas de radio (3.81 cm) y de altura 7cm. Estas estuvieron dentro de los reactores, colocados en forma de serie y paralela con hilos de nylon obteniendo una forma hexagonal.
7. Cada tubo de vidrio tuvo 60 esponjas cilíndricas de poliuretano haciendo un total de 240 esponjas en todo el sistema.
8. Las generaciones aplicadas en nuestro sistema DHS fueron: primera (colgantes), segunda (tipo cortina) y quinta (tipo esponjas continuas). Convirtiéndolo por ende un DHS híbrido.
9. Las 2 primeras columnas tuvieron 5 agujeros en la base inferior y las dos posteriores tuvieron 1 agujero en cada uno.
10. Además, se forró los tubos de vidrio con plástico negro para poder evitar el ingreso de los rayos solares y no exista presencia de algas.

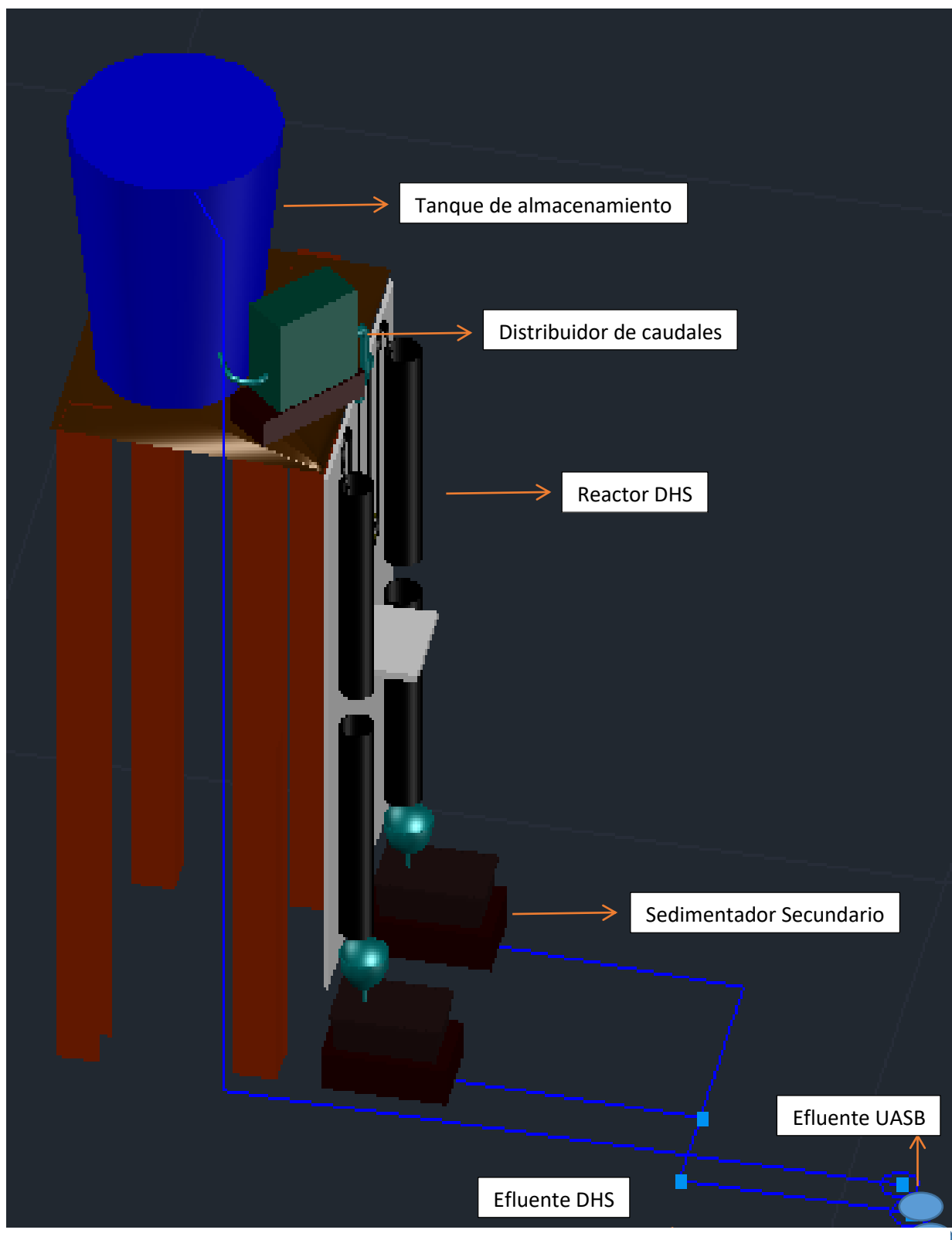


Figura 28. Partes del sistema Down-flow Hanging Sponge (DHS).

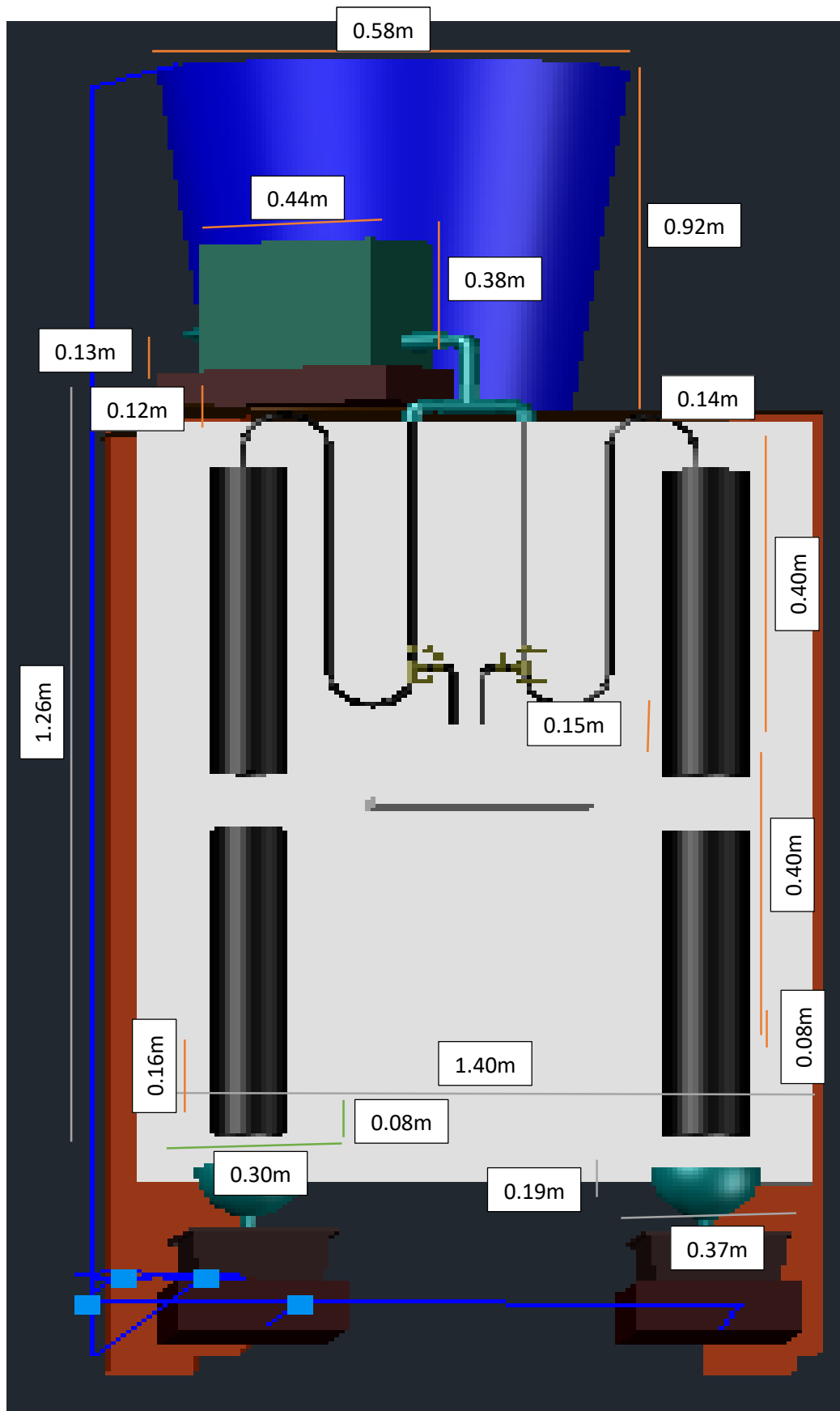


Figura 29. Medidas del sistema Down-flow Hanging Sponge (DHS).



Figura 30. Construcción del sistema Down-flow Hanging Sponge (DHS) a escala piloto en CITRAR-UNI.



Figura 31. Fotografía de la parte interna del reactor DHS.



Figura 32. Fotografía de una columna del reactor DHS.

3.3.3 Metodología para la operación

1. Se percató todos los días el nivel de agua en el cilindro azul y si ya no contaba con volumen, se bombeo agua residual para que el sistema siga tratando.
2. El tiempo de almacenamiento de agua utilizado fue diario, es decir el bombeo del efluente del Reactor Anaerobio de Manto de Lodos de Flujo Ascendente (UASB), fue llenado una vez al día y solo se bombeo la cantidad de agua que necesitó el sistema por un día.
3. Cada día se observó la formación de lodos en el sedimentador secundario y si estuvo saturado se vació el agua almacenada en estos.
4. Todos los días se reguló el caudal que ingresó a los dos reactores, el cual fue de 45 L/día cada reactor.
5. Se observó que el fluido ingrese correctamente por el sistema sin que ocurra pérdidas de agua.



Figura 33. Reactor UASB de CITRAR-UNI.



Figura 34. Fotografía de la esponja de poliuretano en el periodo de arranque.



Figura 35. Fotografía de la esponja de poliuretano de las primeras columnas de los dos reactores en el periodo experimental antes de ser desmontada la investigación.



Figura 36. Fotografía de la esponja de poliuretano de las segundas columnas de los dos reactores en el periodo experimental antes de ser desmontada la investigación.



Figura 37. Fotografía de los baldes utilizados para el mantenimiento del tanque de almacenamiento del DHS.



Figura 38. Sedimentador secundario saturado por larvas de dípteros.

Como consecuencia de la aparición de los huevos y larvas de dípteros, dio origen a la aparición de una mosca muy común en este tipo de tratamiento conocida como la mosca palomilla (*Psychoda* spp.).



Figura 39. Mosca palomilla (*Psychoda* spp.)



Figura 40. Estados de la Mosca palomilla (*Psychoda* spp.)

Entre los principales microorganismos presentes en el material filtrante
(Esponja de poliuretano tenemos:

Tabla 5

Principales microorganismos presentes en el material filtrante.

Grupo taxológico	Especie	Fotografía	Observaciones
Ciliados	<i>Paramecium caudata</i>		Los paramecios son protozoos ciliados con forma ovalada, habituales en aguas dulces estancadas con abundante materia orgánica. Carecen de flagelos pero los cilios son muy abundantes y recubren toda su superficie.
Rotíferos	<i>Philodina</i> sp.		Estos rotíferos tienen como principal característica la excelente adaptación de la corona para provocar vórtices de agua, posee dos manchas oculares sobre el cerebro.
Rotíferos	<i>Rotaria</i> sp.		Tiene la cutícula lisa, el palpo dorsal corto y el tronco adelgazado. Es color opaco a veces blanquecino. Se reproducen por partenogénesis predominante.
Rotíferos	<i>Dicranophorus</i> sp.		Este tipo de rotíferos tienen una cutícula relativamente gruesa y rígida. Al ser rehidratados emergen rápidamente como organismos con capacidad natatoria.
Dípteros	<i>Psychoda</i> spp.		Esta mosca en su estado adulto es de color marrón grisado o negro. La hembra pone sus huevos comúnmente en los filtros percoladores u otros sistemas de tratamiento de aguas residuales.

3.4 Estimación de la porosidad y la densidad real y aparente de la esponja; y eficiencia en el tratamiento

3.4.1 Características iniciales de la esponja de poliuretano

- **Porosidad**

La metodología que se utilizó para medir la porosidad del poliuretano fue la siguiente:

Se calculó la porosidad inicial de la esponja, midiendo las aristas de las muestras de la esponja, para calcular el volumen aparente de cada una, ya teniendo el volumen aparente de estas, se llenó en una probeta agua destilada hasta que alcance un nivel de 90 ml, luego se introdujo la muestra de esponja, se extrajo todo el aire que contuvo, mediante una compresión con una baqueta, el aire ocupado por el agua presente en la probeta, en ese momento cuando ya no quedó aire se pudo observar un nivel de agua superior. La diferencia de niveles en el volumen representado el volumen real que ocupa el material de la esponja, de tal manera que se obtuvo los datos para calcular la porosidad, volumen de espacios vacíos (obtenidos por la diferencia del volumen aparente de la esponja menos el volumen real) y volumen aparente (volumen total de la esponja en la fórmula). (Rodriguez, 2010)

Se realizó el cálculo de la porosidad para 6 muestras de esponja.

Se calculó la porosidad de la esponja mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Porosidad (\%)} = \frac{\text{Volumen de espacios vacíos en la esponja}}{\text{Volumen total de la esponja}}$$

$$\text{Vol. esponja (cm}^3\text{)} = \text{Largo (cm)} \times \text{Ancho (cm)} \times \text{Espesor (cm)}$$

Tabla 6

Cálculo de la porosidad de la esponja utilizada en el DHS.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Volumen aparente de la esponja (con aire interior y sin deformar) cm ³	21	19.6	22.05	22.533	19.404	19.845
Volumen (nivel del agua + esponja sin aire) cm ³	91	91	91	91.2	90.9	91
Volumen (nivel del agua) cm ³	90	90	90	90	90	90

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Volumen aparente de la esponja (con aire interior y sin deformar) cm ³	21	19.6	22.05	22.533	19.404	19.845
Volumen (esponja sin aire) cm ³	1	1	1	1.2	0.9	1
Volumen (aire en la esponja) cm ³	20	18.6	21.05	21.333	18.504	18.845
Porosidad	0.952	0.949	0.955	0.947	0.954	0.950
Porosidad Promedio			0.951	95.10%		

3.4.2 La densidad real y aparente de la esponja

Para el cálculo de la densidad real y aparente se utilizó la siguiente metodología:

Se puso la muestra de esponja. De la metodología anterior para la determinación de porosidad se obtuvo los datos de volumen aparente de la esponja (con aire interior y sin deformar) y el volumen real de la esponja (sin aire).

Con estos datos se pudo calcular las dos densidades. Esto se realizó para las 6 muestras de esponja. (Atarés Huerta, 2008)

Se calculó la densidad real de la esponja mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad real (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Peso de la esponja (g)}}{\text{Volumen real de la esponja sin aire (cm}^3\text{)}}$$

Se calculó la densidad aparente de la esponja mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad aparente (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Peso de la esponja (g)}}{\text{Volumen aparente de la esponja con aire (cm}^3\text{)}}$$

Tabla 7

Cálculo de la densidad real y aparente de la esponja utilizada en el DHS.

Peso de la esponja (gr)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Volumen aparente de la esponja (con aire interior y sin deformar) cm³	21	19.6	22.05	22.533	19.404	19.845
Volumen real de la esponja (sin aire) cm³	1	1	1	1.2	0.9	1
Densidad Real (gr/cm³)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Densidad Aparente (gr/cm³)	0.010	0.010	0.009	0.009	0.010	0.010
Densidad Real Promedio (gr/cm³)	0.20					
Densidad Aparente Promedio (gr/cm³)	0.010					

3.4.3 Eficiencia del sistema

El grado de eficiencia en el tratamiento de las aguas residuales es la reducción porcentual de indicadores apropiados, considerados en forma acumulativa o determinadas sustancias. Para la determinación de la reducción se establece para el indicador específico, una relación entre la carga que fluye a la planta o a una unidad de ella y la correspondiente carga en el flujo de salida de la planta. Estas determinaciones se realizan en pasos apropiados para las observaciones. En caso de existir varios puntos de ingreso o egreso de aguas residuales en el tratamiento, la carga total se termina con base en las cargas parciales.

De este modo, el grado de eficiencia se calculó de la siguiente manera:

$$n = \frac{FZ - FA}{FZ} * 100$$

En donde:

n= Grado de eficiencia en %

FZ= Sumatoria de las cargas que ingresan

FA= Sumatoria de las cargas en el flujo de salida (Miembros, 1988)

Para el cálculo de la eficiencia del sistema se consideró dos parámetros: Turbiedad y coliformes termotolerantes, la eficiencia en el parámetro de turbiedad en el DHS1 fue de 89% y del DHS 2 fue 93%, así mismo en coliformes termotolerantes en el DHS 1 fue de 1.86 log en porcentaje fue 98.61% y en el DHS 2 fue de 2.33 log en porcentaje fue 99.54%.

3.4.4 Evaluación

1. El monitoreo se realizó de 2 a 3 veces al día dependiendo el tiempo que se demoró en realizar el mantenimiento, sacando muestras del efluente del UASB y del efluente del sedimentador secundario de nuestro sistema DHS.
2. El seguimiento del proceso del periodo de arranque se realizó con la medición de cinco parámetros físico-químicos: Turbiedad, Oxígeno Disuelto, pH, Temperatura y Conductividad eléctrica.
3. Para poder medir los parámetros se utilizó equipos del laboratorio de CITRAR (Turbidímetro, Multiparametro, Oxímetro y Conductímetro).

4. Para los parámetros microbiológicos (Coliformes termotolerantes) se realizó en el laboratorio de Servicios Analíticos Generales SAC.



Figura 41. Fotografía de la parte externa e interna del laboratorio de CITRAR.



Figura 42. Fotografía de la parte externa del laboratorio de Servicios Analíticos Generales SAC.

3.5 Análisis y diseño estadístico

3.5.1 Variables de estudio

3.5.1.1 Variables independientes

- Sistema Down-Flow Hanging Sponge

3.5.1.2 Variables dependientes

- Parámetros fisicoquímicos (pH, Temperatura, Conductividad eléctrica, Oxígeno Disuelto, Turbiedad)
- Parámetros microbiológicos (Coliformes termotolerantes)

3.5.1.3 Variables intervinientes

- Temperatura ambiental.
- Humedad relativa.

3.6 Estudio y Diseño de Investigación

3.6.1 Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación está orientado a una investigación cuantitativa (experimental). Diseños de investigación cuantitativos, generalmente reflejan una filosofía determinista la cual está basada en el paradigma o escuela del pensamiento pos-positivista. (Sousa, Mendes, & Costa, 2007)

El pos-positivismo examina la causa y como diferentes causas interactúan y/o influyen en los resultados. El paradigma pos-positivista adopta la filosofía en el cual la realidad puede ser descubierta imperfectamente y de forma probabilística. El enfoque es típicamente deductivo - donde la mayor parte de las ideas o conceptos se reducen a variables, y las relaciones entre ellas. El conocimiento resultante es basado en la observación, medición e interpretación cuidadosa de la realidad objetiva. (Sousa, Mendes, & Costa, 2007)

La investigación cuantitativa frecuentemente cuantifica relaciones entre variables la variable independiente o predictiva y la variable dependiente o resultado. De forma general, diseños de investigación cuantitativa son clasificados tanto como no experimentales como experimentales (Sousa, Mendes, & Costa, 2007).

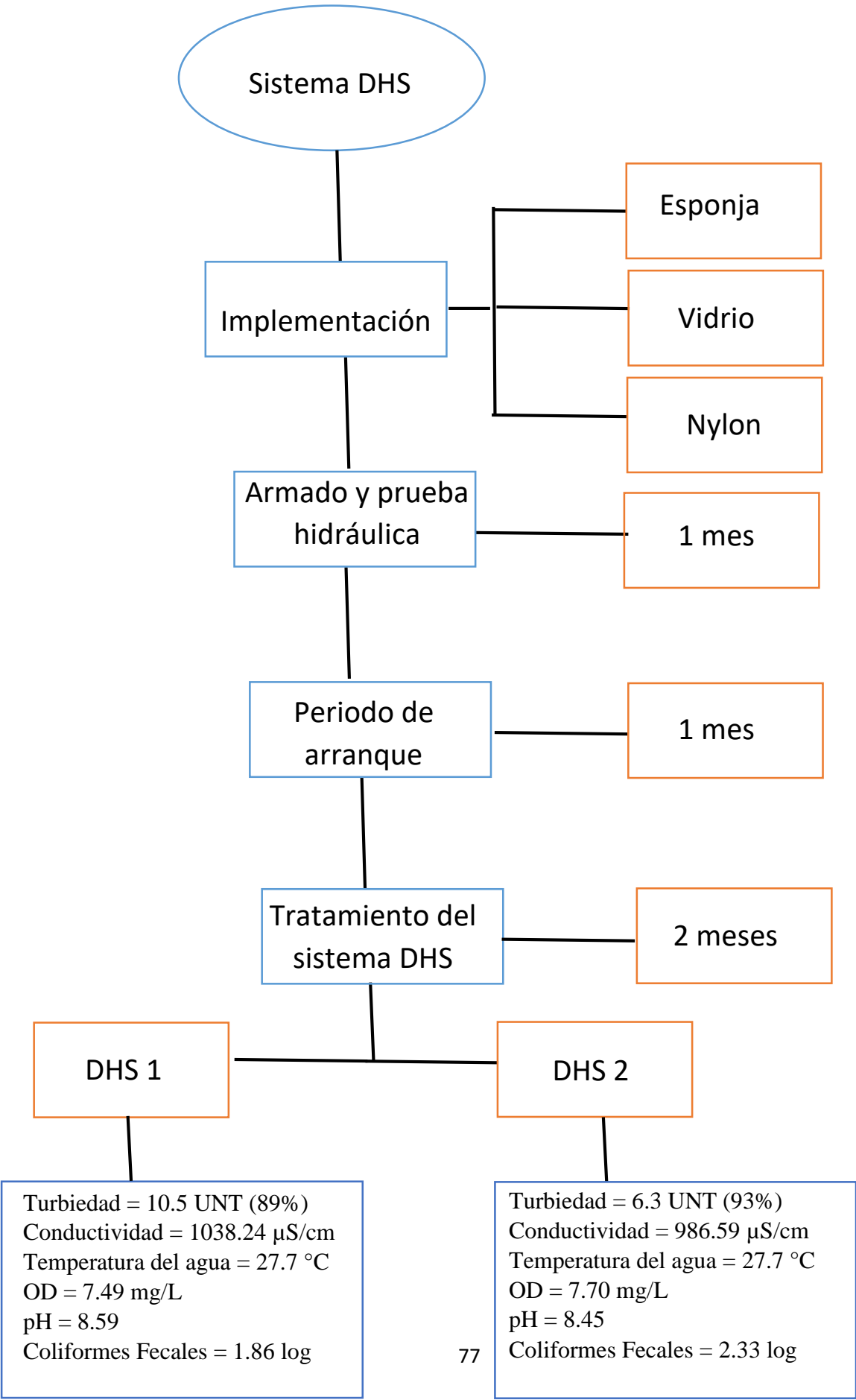
3.6.2 Diseño de la Investigación

Este proyecto por su naturaleza es de carácter cuasi-experimental los diseños cuasi-experimentales examinan relaciones de causa y efecto entre las variables independiente y dependiente. Sin embargo, una de las características del diseño verdaderamente experimental, es la falta de designación aleatoria de los sujetos para los grupos. (Sousa, Mendes, & Costa, 2007)

A pesar que los modelos cuasi-experimentales son útiles para probar la efectividad de una intervención, pues son los que más se aproximan a los escenarios naturales, estos diseños de investigación son expuestos a un gran número de amenazas con relación a la validez interna y externa, lo que puede disminuir la confiabilidad en la generalización de los resultados. (Sousa, Mendes, & Costa, 2007)

Los diseños cuasi-experimentales más utilizados son: pre-test/pos-test con grupo control no equivalente, serie temporal interrumpida con grupo control, serie temporal interrumpida con un grupo y contra balanceado (Sousa, Mendes, & Costa, 2007)

3.6.3 Flujo experimental



3.7 Diseño estadístico

El uso de un programa de computación estadístico es importante tanto en la ciencia básica como en la aplicada, por sus posibilidades de automatización de los complejos cálculos estadísticos para el análisis de los datos. Las aplicaciones de procesamiento estadístico que se han establecido en la investigación científica cubana, han sido opciones comerciales (SPSS, Minitab, Statgraphic, MS Excel, entre otros), con precios bien altos en licencias. Sin embargo, ha surgido un conjunto de aplicaciones de software libre (R, PSPP, etc.) muy potentes para la difícil tarea del análisis de datos de la investigación (Martínez & Losa, 2017).

El caso específico de R (R Development Core Team) es un programa estadístico y un lenguaje de programación de uso libre, de distribución gratuita y código abierto, desarrollado a partir de un proyecto colaborativo voluntario de investigadores y estadísticos de diversos países y disciplinas. Es un programa basado en comandos, que permite acceder a todos los procedimientos y opciones a través de una sintaxis textual. Fue oficialmente presentado en 1997 bajo Licencia General Pública de la Fundación de Software Libre (Martínez & Losa, 2017).

Se utilizó como herramienta estadística el software libre llamada R Project o simplemente R. El Análisis en Componentes Principales (en adelante ACP) utilizando para esto el Programa R (Guerrero, 2015).

Es importante mencionar que también existe toda una plataforma de Análisis de Datos que se llama Facto mine y que permite resolver una gran cantidad de problemas de Análisis de Datos, en particular ACP de una forma un poco más amigable, es decir, con una mejor interfaz gráfica, sin necesidad de dar instrucciones paso a paso para llevar a cabo el ACP (Guerrero, 2015).

CAPITULO IV:

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Resultados del periodo de arranque

El periodo de arranque inicio el lunes 3 de diciembre del 2018 y finalizó el miércoles 2 de enero del 2019 haciendo un total de 14 días de monitoreo y 39 muestras tomadas.

4.1.1 Resultados de los parámetros físico-químicos

4.1.1.1 Turbiedad

Tabla 8

Turbiedad promedio diario y eficiencias del periodo de arranque del DHS.

Promedios diarios y Eficiencias de Turbiedad (UNT)					
Nº	UASB	DHS 1	DHS 1 Ef.	DHS 2	DHS 2 Ef.
1	51.4	29.5	0.43	21.6	0.58
2	143.0	44.2	0.69	9.4	0.93
3	104.7	32.8	0.69	13.6	0.87
4	109.3	31.3	0.71	14.3	0.87
5	60.9	26.1	0.57	13.0	0.79
6	68.1	15.3	0.77	6.1	0.91
7	94.5	8.2	0.91	8.4	0.91
8	103.6	8.4	0.92	6.0	0.94
9	70.2	15.6	0.78	14.7	0.79
10	72.2	8.3	0.88	11.4	0.84
11	79.7	9.2	0.88	7.9	0.90
12	81.7	9.9	0.88	5.7	0.93
13	84.5	15.6	0.82	12.1	0.86
14	109	45.85	0.58	8.8	0.92
Prom. Efc		0.75	75%	0.86	86%
Efc. Min		0.43	43%	0.58	58%
Prom.	88.1	21.5	-	10.9	-

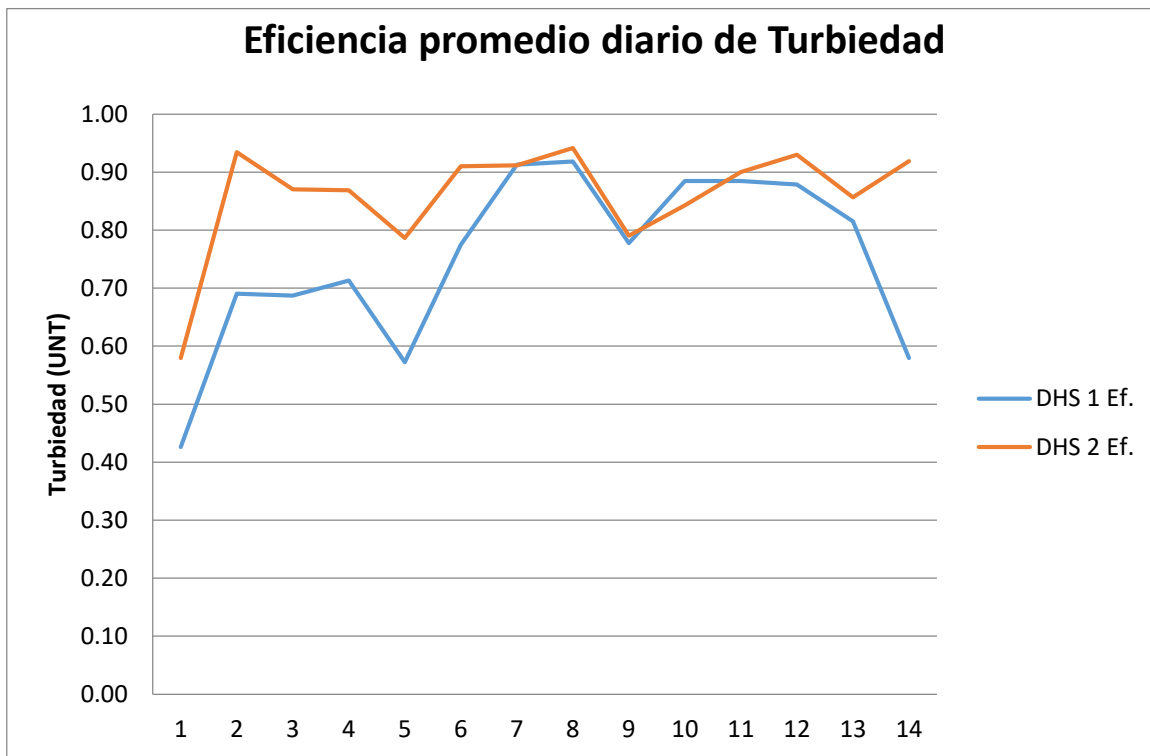


Figura 43. Eficiencia promedio diario de la turbiedad en el periodo de arranque del DHS.

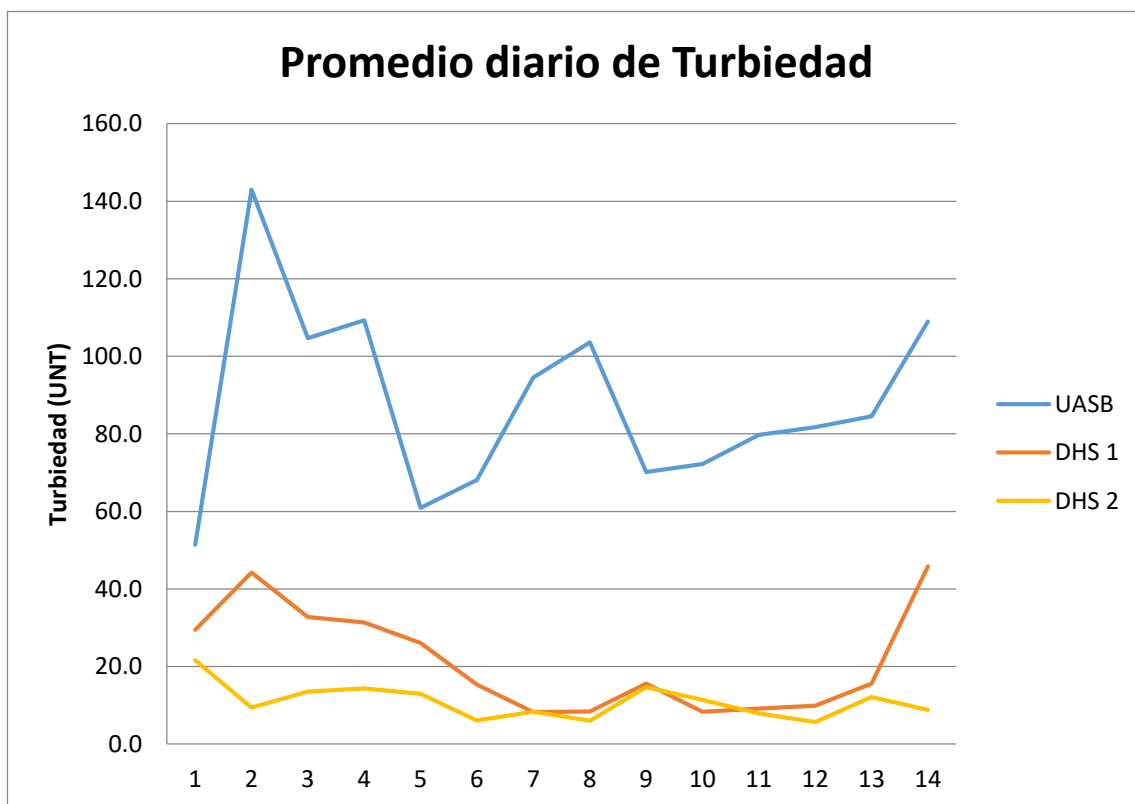


Figura 44. Promedio diario de la turbiedad en el periodo de arranque del DHS.

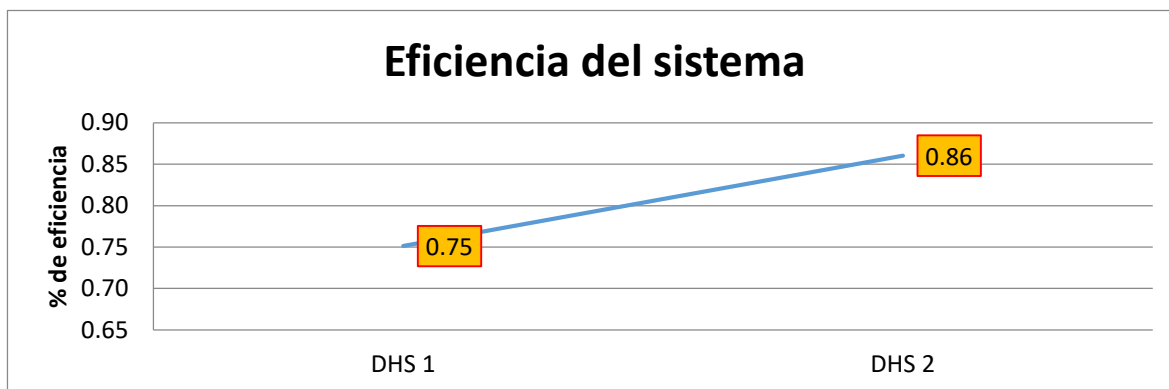


Figura 45. Eficiencia del sistema del DHS en el periodo de arranque.

Interpretación:

Se determinó los resultados de turbiedad en el periodo de arranque y se pudo apreciar que los valores de turbiedad fueron de 50 a 140 UNT en el reactor UASB mientras que en el reactor DHS 1 se encontró valores entre 10 a 50 UNT mientras que en el reactor DHS 2 se obtuvo valores de 10 a 20 UNT tal como muestra la figura 43; llegando como resultado final que la eficiencia del reactor DHS 1 fue de 75% mientras que el reactor DHS 2 fue de 86% de remoción mostrado en la figura 45.

4.1.1.2 Temperatura del Agua

Tabla 9

Temperatura promedio diario de agua en el periodo de arranque del DHS.

Temperatura promedio diario de agua (°C)			
N°	UASB	DHS 1	DHS 2
1	23.80	24.07	23.73
2	25.10	25.17	25.40
3	24.47	24.53	24.63
4	25.17	25.10	25.23
5	26.00	26.65	26.75
6	25.07	25.30	25.33
7	25.50	25.70	26.03
8	25.50	25.63	25.73
9	26.65	26.90	27.05
10	26.30	26.50	26.53
11	27.07	27.63	27.67

12	26.33	26.80	26.57
13	26.23	26.33	26.20
14	27.7	27.6	27.90
T. prom.	25.8	26.0	26.1

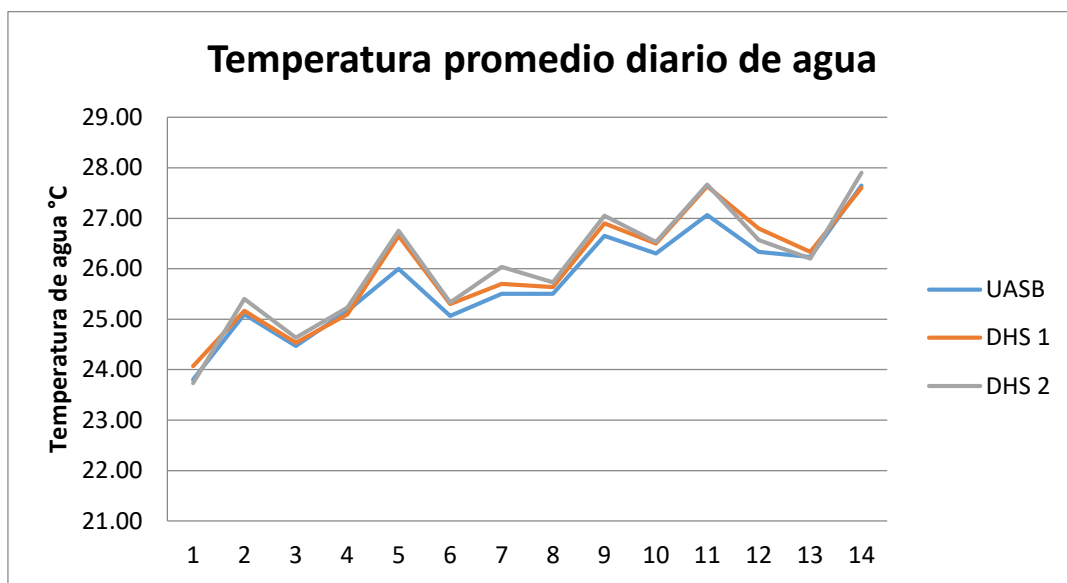


Figura 46. Temperatura promedio diario de agua en el periodo de arranque del DHS.

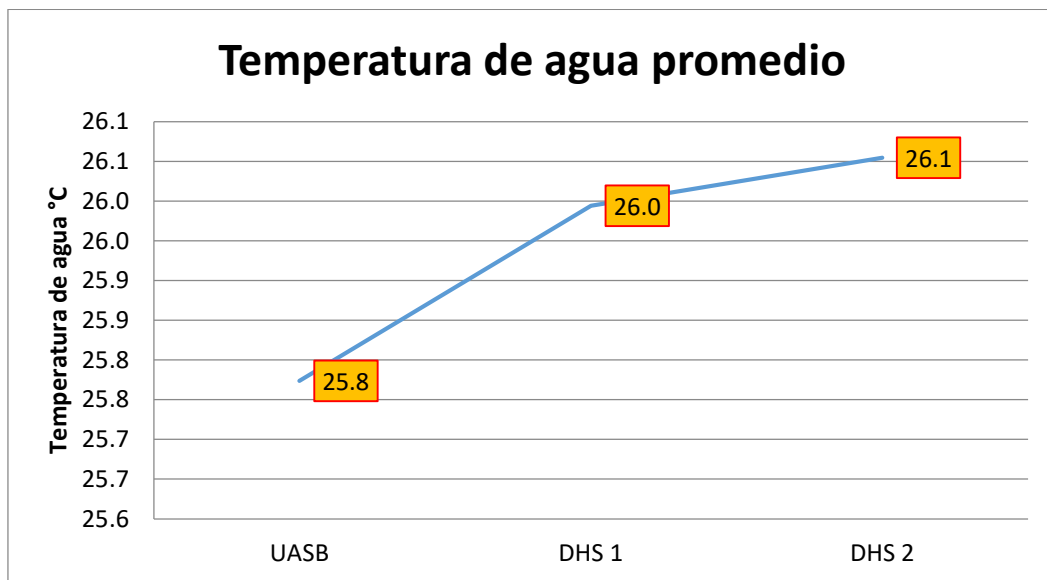


Figura 47. Temperatura de agua promedio en el periodo de arranque del DHS.

Interpretación:

Se determinó los resultados de la temperatura promedio de agua en el periodo de arranque y se pudo apreciar que los valores promedios fueron de 25.8 °C en el reactor UASB, mientras que en el reactor DHS 1 fue de 26 °C y en el reactor DHS 2 fue de 26.1 °C tal como muestra la figura 47.

4.1.1.3 pH

Tabla 10

pH promedio diario en el periodo de arranque del DHS.

pH promedio diario			
N°	UASB	DHS 1	DHS 2
1	8.09	9.01	9.00
2	8.21	8.65	9.04
3	8.14	8.82	8.97
4	8.19	8.71	8.94
5	8.22	9.09	9.16
6	8.38	8.92	9.16
7	8.23	8.64	8.88
8	8.60	9.00	9.07
9	8.26	9.08	9.09
10	8.19	8.90	9.02
11	8.10	8.97	9.02
12	8.29	8.98	9.04
13	8.22	9.21	9.13
14	7.67	8.8	8.62
pH prom.	8.20	8.91	9.01

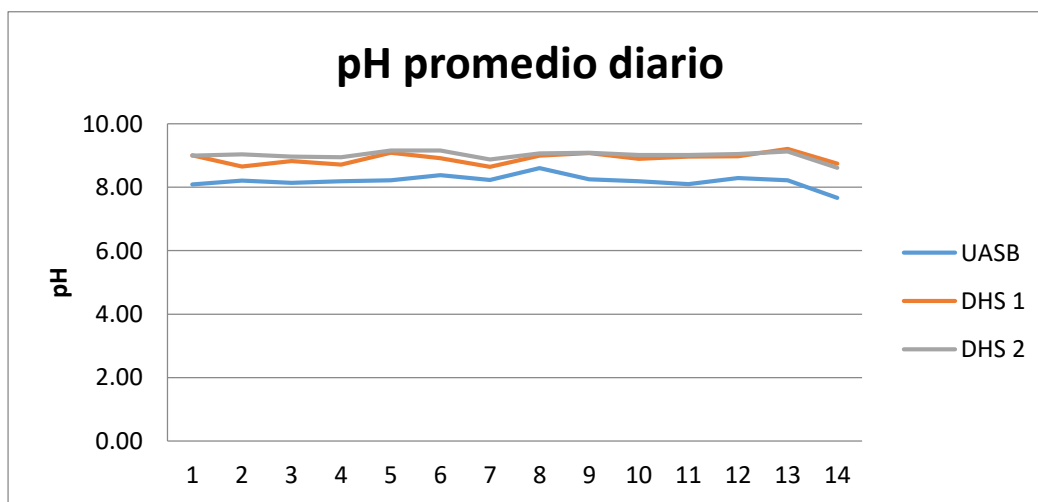


Figura 48. pH promedio diario en el periodo de arranque del DHS.

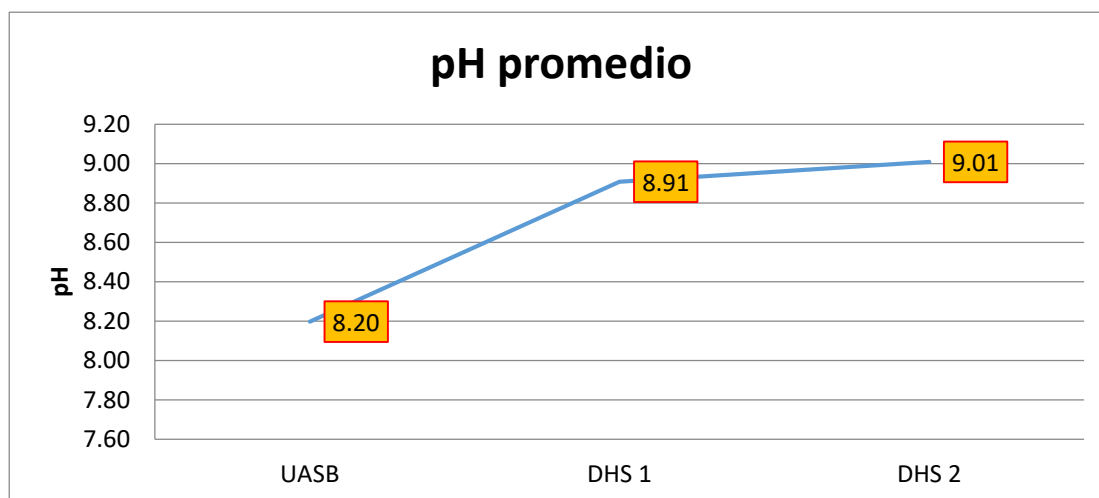


Figura 49. pH promedio en el periodo de arranque del DHS.

Interpretación:

Se determinó los resultados del pH en el periodo de arranque y se pudo apreciar que los valores promedios fueron de 8.20 en el reactor UASB, mientras que en el reactor DHS 1 fue de 8.91 y en el reactor DHS 2 fue de 9.01 tal como muestra la figura 49.

4.1.1.4 Conductividad Eléctrica

Tabla 11

Conductividad eléctrica promedio diario en el periodo de arranque del DHS.

Conductividad promedio diario($\mu\text{s}/\text{cm}$)			
N°	UASB	DHS 1	DHS 2
1	1947.67	1198.00	1234.33
2	1339.00	1299.67	1150.33
3	1247.00	1173.67	1174.33
4	1517.67	1185.00	1185.00
5	1253.50	1216.00	1175.00
6	1214.33	1358.00	1177.00
7	1164.33	1183.33	1161.33
8	1153.33	1130.00	1122.33
9	1260.50	1172.50	1190.00
10	1252.33	1219.67	1207.67
11	1233.67	1194.67	1186.67
12	1218.00	1189.67	1159.67
13	1296.67	1163.67	1153.00
14	1330	1278	1290
Cond. prom.	1316.29	1211.52	1183.33

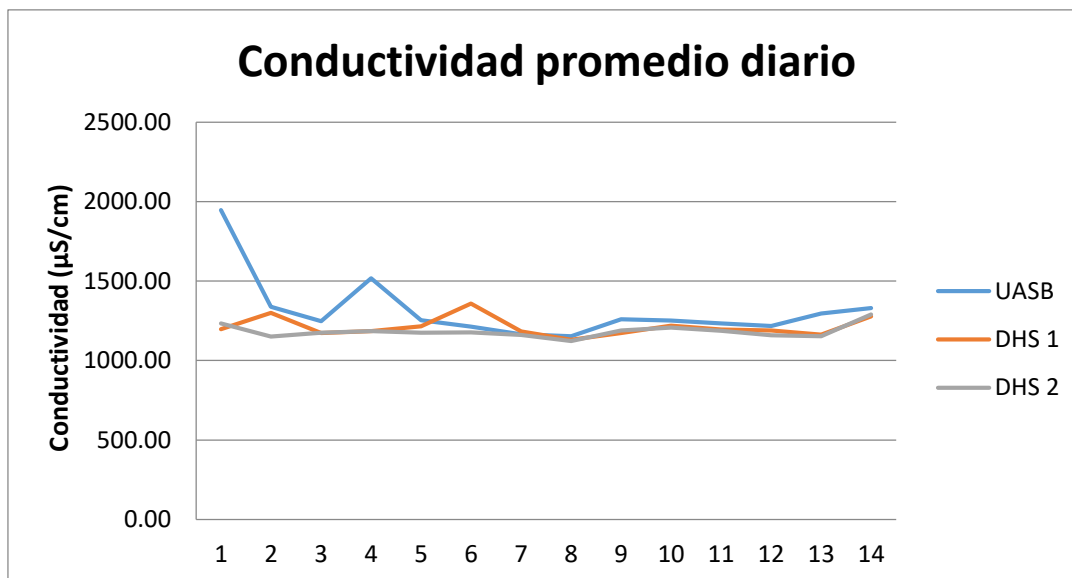


Figura 50. Conductividad eléctrica promedio diario en el periodo de arranque del DHS.

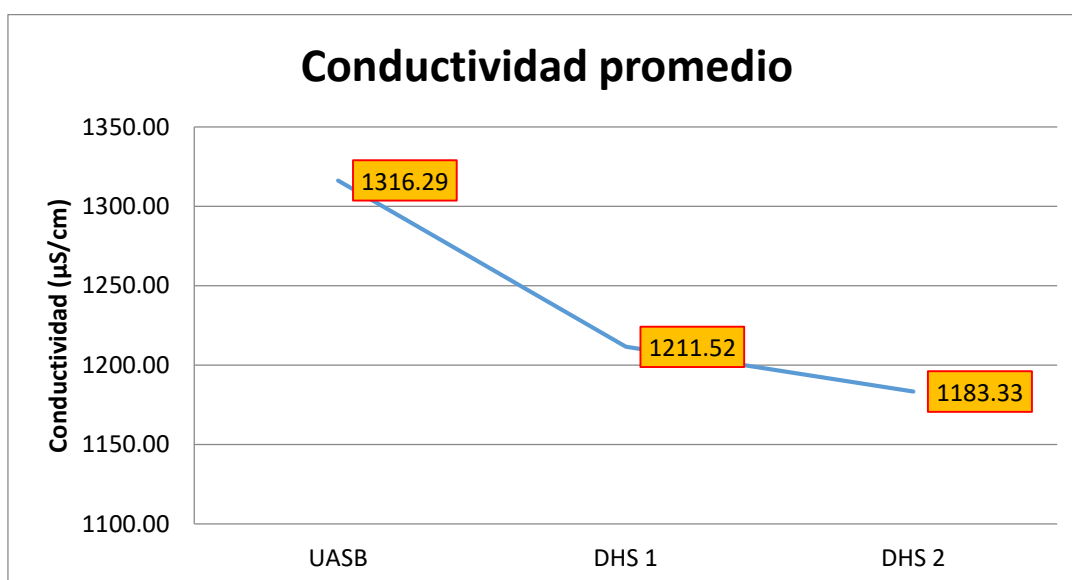


Figura 51. Conductividad eléctrica promedio en el periodo de arranque del DHS.

Interpretación:

Se determinó los resultados de la conductividad eléctrica del agua en el periodo de arranque y se pudo apreciar que los valores promedios fueron de 1316.29 $\mu\text{S/cm}$ en el reactor UASB, mientras que en el reactor DHS 1 fue de 1211.52 $\mu\text{S/cm}$ y en el reactor DHS 2 fue de 1183.33 $\mu\text{S/cm}$ tal como muestra la figura 51.

4.1.1.5 Oxígeno Disuelto

Tabla 12

Oxígeno Disuelto promedio diario en el periodo de arranque del DHS.

Oxígeno disuelto promedio diario (mg/L)			
N°	UASB	DHS 1	DHS 2
1	0.63	6.70	7.15
2	0.13	0.05	8.30
3	0.09	4.04	6.86
4	0.41	1.46	5.19
5	0.21	2.91	5.53
6	0.16	5.49	6.73
7	0.06	7.23	6.50
8	0.16	7.89	7.93
9	0.16	5.37	6.95
10	0.08	6.57	8.11
11	0.10	7.52	8.18
12	0.07	7.85	8.38
13	0.09	7.73	7.77
14	0.21	2.61	7.43
OD. prom.	0.18	5.24	7.21

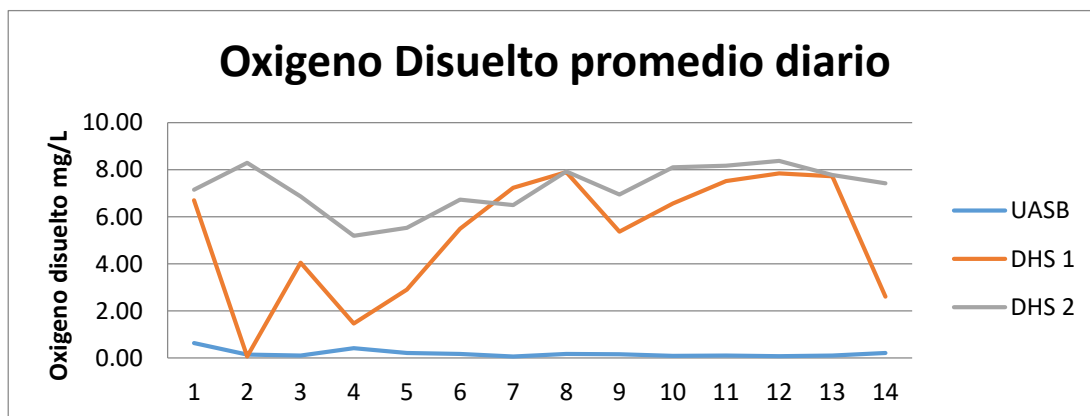


Figura 52. Oxígeno Disuelto promedio diario en el periodo de arranque del DHS.

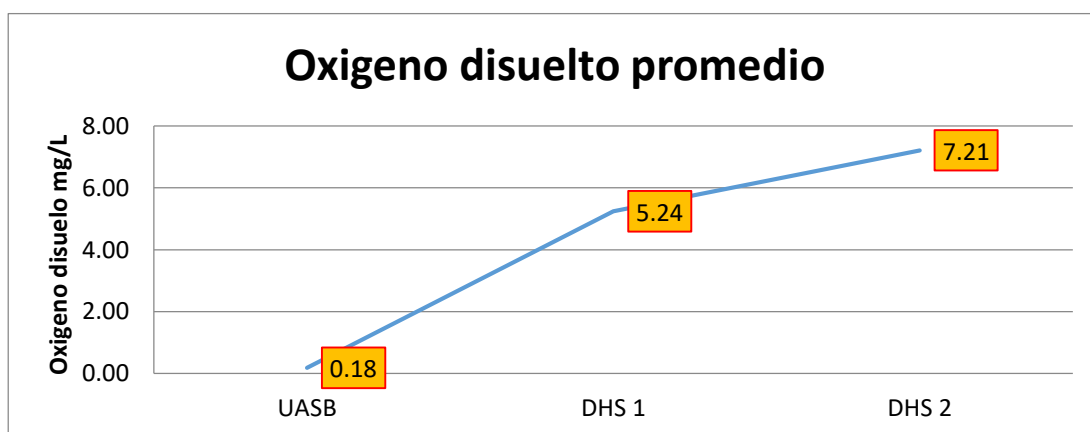


Figura 53. Oxígeno Disuelto promedio en el periodo de arranque del DHS.

Interpretación:

Se determinó los resultados del oxígeno disuelto en el periodo de arranque y se pudo apreciar que los valores promedios fueron de 0.18 mg/L en el reactor UASB, mientras que en el reactor DHS 1 fue de 5.24 mg/L y en el reactor DHS 2 fue de 7.21 mg/L tal como muestra la figura 53.

4.1.2 Resultados de los parámetros intervinientes

4.1.2.1 Temperatura Ambiental

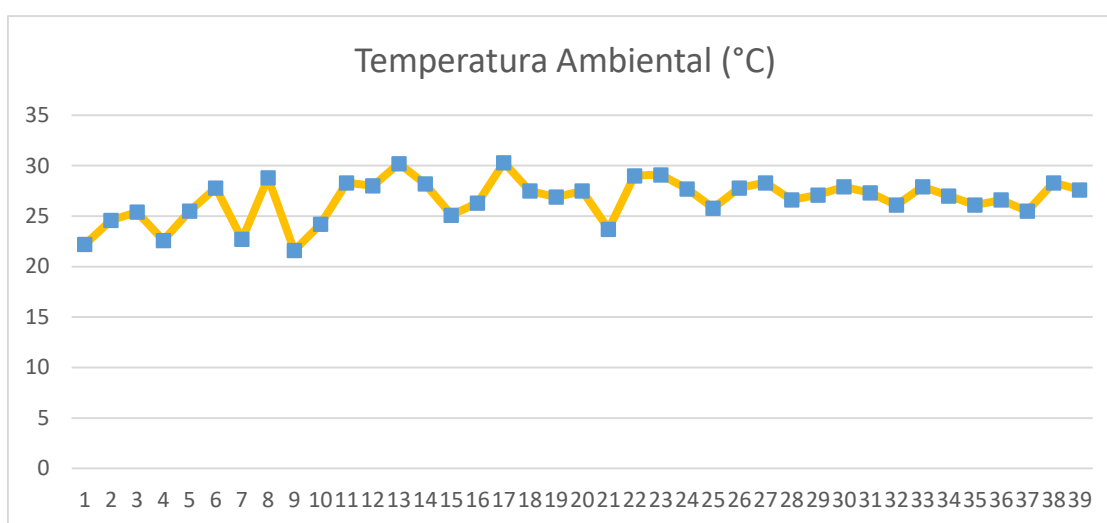


Figura 54. Temperatura ambiental en el periodo de arranque del DHS.

4.1.2.2 Humedad Relativa

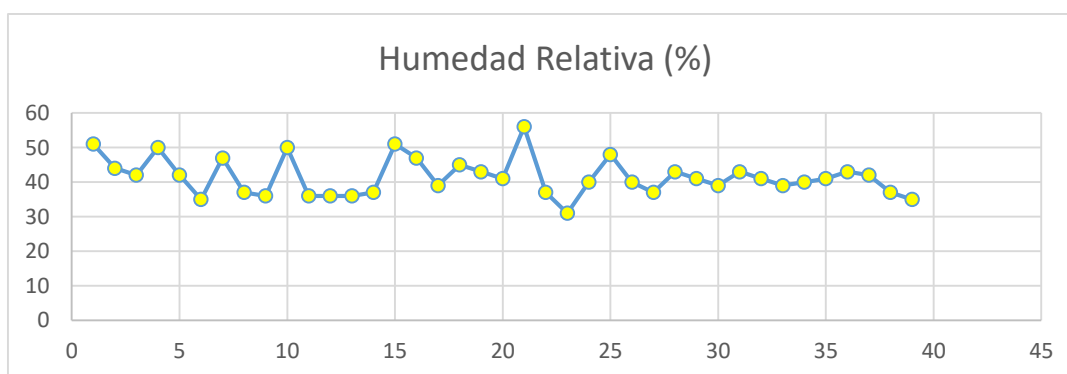


Figura 55. Humedad Relativa en el periodo de arranque del DHS.

4.1.2.3 Temperatura Ambiental vs Humedad Relativa

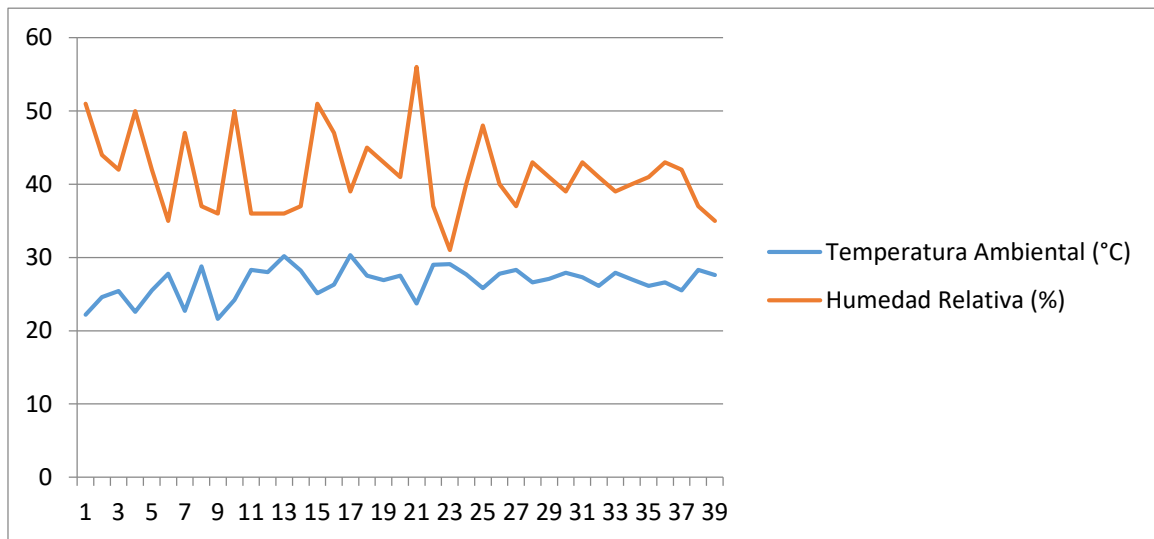


Figura 56. Temperatura ambiental vs Humedad Relativa en el periodo de arranque del DHS.

Interpretación:

Se determinó los resultados de la temperatura ambiental y de la humedad relativa, donde se pudo apreciar que son inversamente proporcionales tal como muestra la figura 56 obteniendo valores entre 30 y 55% de humedad relativa y de temperatura ambiental entre 22 °C a 30 °C durante el periodo de arranque las cuales influyeron en el Sistema DHS 1 y DHS 2.

4.2 Resultados de la parte experimental

La parte experimental inicio el jueves 3 de Enero del 2019 y finalizó el Jueves 21 de febrero del 2019 haciendo un total de 27 días de monitoreo y 70 muestras tomadas.

4.2.1 Resultados físico-químicos

4.2.1.1 Turbiedad

Tabla 13

Turbiedad promedio diario y eficiencias de la parte experimental del DHS.

Promedios diarios y Eficiencias de Turbiedad (UNT)					
Nº	UASB	DHS 1	DHS 1 Ef.	DHS 2	DHS 2 Ef.
1	137.7	15.7	0.89	11.9	0.91
2	105.7	9.5	0.91	10.1	0.90
3	84.1	14.5	0.83	5.9	0.93
4	87.0	10.2	0.88	5.3	0.94
5	112.7	20.6	0.82	8.4	0.93
6	120.0	7.2	0.94	2.9	0.98
7	156.0	10.0	0.94	4.3	0.97
8	82.7	8.5	0.90	4.9	0.94
9	113.5	8.1	0.93	3.9	0.97
10	93.7	19.4	0.79	10.5	0.89
11	102.6	8.0	0.92	3.3	0.97
12	136.0	6.5	0.95	3.1	0.98
13	126.5	9.4	0.93	4.0	0.97
14	100.4	16.4	0.84	12.4	0.88
15	69.6	4.8	0.93	3.5	0.95
16	89.5	8.2	0.91	4.0	0.96
17	106.4	3.9	0.96	4.8	0.96
18	85.1	10.7	0.87	9.4	0.89
19	124.7	21.1	0.83	11.5	0.91
20	122.5	9.2	0.92	6.1	0.95
21	117.0	12.6	0.89	10.2	0.91
22	109.5	10.3	0.91	5.7	0.95
23	39.1	4.6	0.88	2.2	0.94
24	53.6	10.2	0.81	4.5	0.92
25	58.7	9.7	0.84	8.4	0.86
26	108.7	5.7	0.95	3.7	0.97
27	86.0	8.0	0.91	5.6	0.94
PROMEDIO		0.89	89%	0.93	93%
EFICIENCIA					
EFICIENCIA MÍNIMA		0.79	79%	0.86	86%
Promedio	101.1	10.5		6.3	

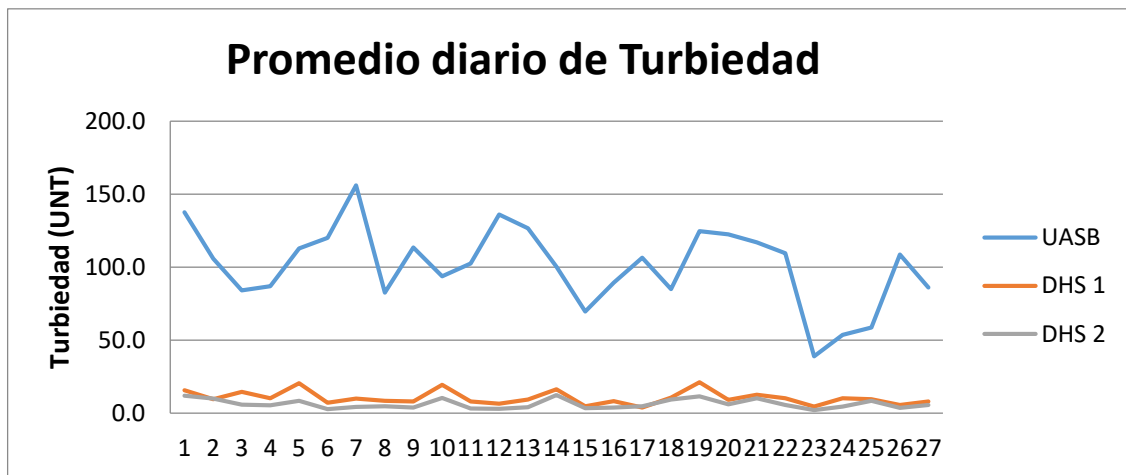


Figura 57. Promedio diario de la turbiedad en el periodo de arranque del DHS.

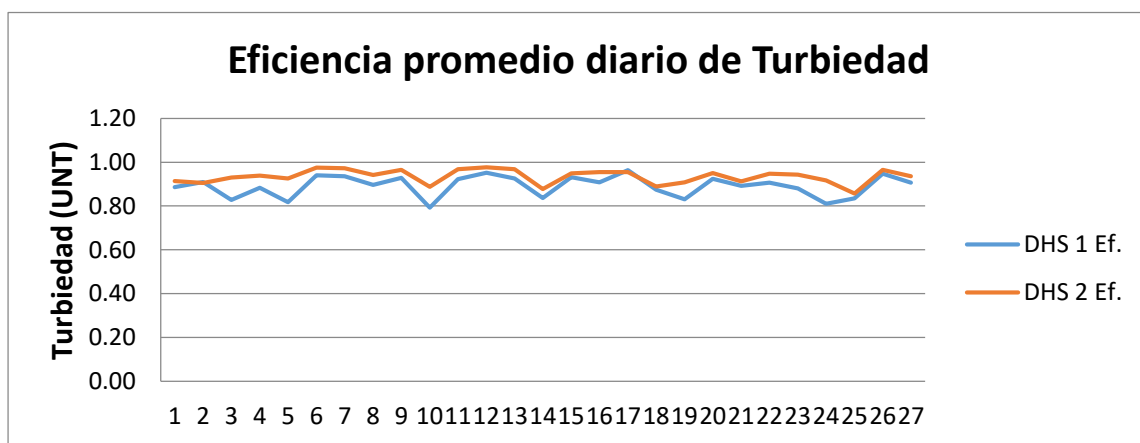


Figura 58. Eficiencia promedio diario de la turbiedad de la parte experimental del DHS.

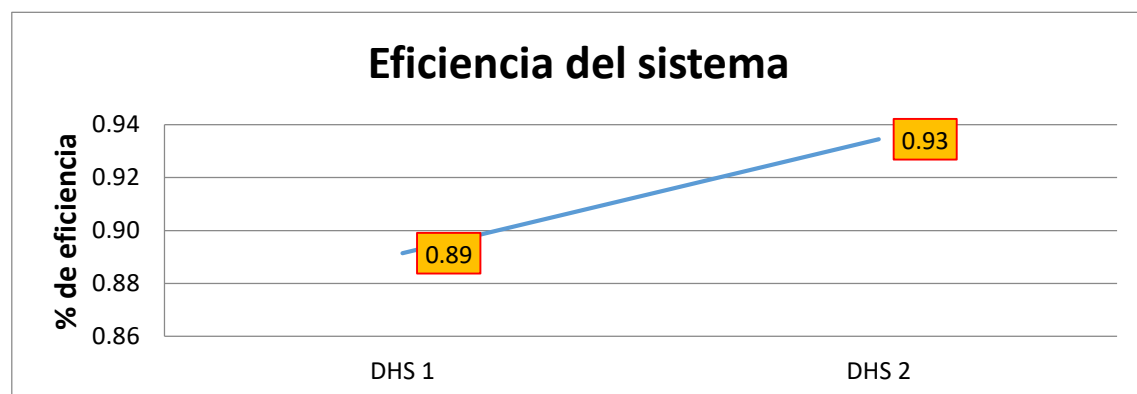


Figura 59. Eficiencia del sistema del DHS de la parte experimental.

Interpretación:

Se determinó los resultados de turbiedad en la parte experimental y se pudo apreciar que los valores de turbiedad fueron de 40 a 150 UNT en el reactor UASB mientras que en el reactor DHS 1 se encontró valores entre 10 a 20 UNT mientras que en el reactor DHS 2 se obtuvo valores de 5 a 15 UNT tal como muestra la figura 57; llegando como resultado final que la eficiencia del reactor DHS 1 fue de 89% mientras que el reactor DHS 2 fue de 93% de remoción mostrado en la figura 59.

4.2.1.2 Temperatura del Agua

Tabla 14

Temperatura de agua promedio diario y eficiencias de la parte experimental del DHS.

Temperatura de agua promedio (°C)			
N°	UASB	DHS 1	DHS 2
1	25.00	25.10	25.13
2	26.50	26.80	26.60
3	27.20	27.53	27.43
4	28.40	28.07	27.77
5	28.50	28.43	28.43
6	25.60	25.70	25.67
7	25.80	25.85	26.00
8	27.05	27.55	27.50
9	25.05	25.05	25.05
10	27.23	27.23	27.20
11	27.13	26.90	26.93
12	27.33	26.90	27.23
13	27.23	27.03	27.03
14	28.90	28.45	28.46
15	29.10	29.10	29.25
16	28.85	28.60	28.80
17	28.67	28.43	28.40
18	28.95	28.55	28.85
19	29.60	29.33	29.43
20	28.00	27.45	27.70
21	28.33	28.13	28.17
22	27.30	27.65	27.30
23	30.20	29.20	29.20
24	28.80	28.25	28.30
25	28.23	28.13	28.40
26	29.03	28.57	28.70
27	29.90	29.60	29.60
T. prom.	27.8	27.7	27.7

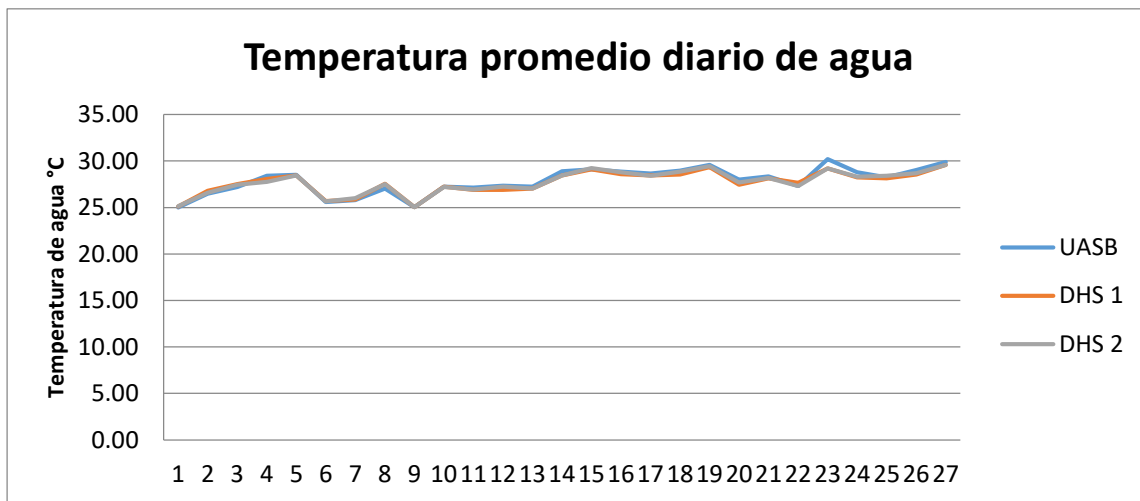


Figura 60. Temperatura promedio diario de agua en la parte experimental del DHS.

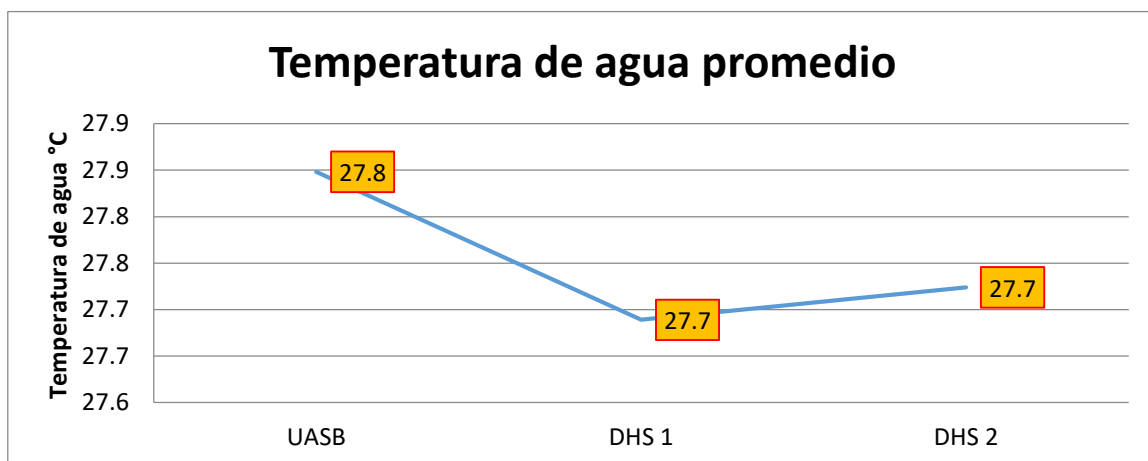


Figura 61. Temperatura de agua promedio en la parte experimental del DHS.

Interpretación:

Se determinó los resultados de la temperatura promedio de agua en la parte experimental y se pudo apreciar que los valores promedios fueron de 27.8 °C en el reactor UASB, mientras que en el reactor DHS 1 fue de 27.7 °C y en el reactor DHS 2 fue de 27.7 °C tal como muestra la figura 61.

4.2.1.3 pH

Tabla 15

pH promedio diario de la parte experimental del DHS.

pH promedio diario			
N°	UASB	DHS 1	DHS 2
1	7.93	8.64	8.61
2	7.88	8.65	8.70
3	7.95	8.60	8.38
4	8.05	8.66	8.45
5	8.21	8.86	8.63
6	8.28	8.78	8.57
7	8.17	8.82	8.71
8	8.18	8.84	8.75
9	8.33	8.86	8.70
10	8.10	8.75	8.60
11	8.13	8.68	8.57
12	8.06	8.71	8.61
13	8.06	8.67	8.48
14	7.76	8.56	8.44
15	7.70	8.42	8.35
16	7.77	8.53	8.31
17	7.72	8.45	8.21
18	7.83	8.50	8.47
19	7.92	8.71	8.65
20	8.09	8.70	8.34
21	7.99	8.51	8.45
22	7.98	8.41	8.45
23	8.27	8.39	7.57
24	8.10	7.86	7.86
25	7.92	8.50	8.42
26	7.73	8.46	8.43
27	7.72	8.47	8.42
pH prom.	7.99	8.59	8.45

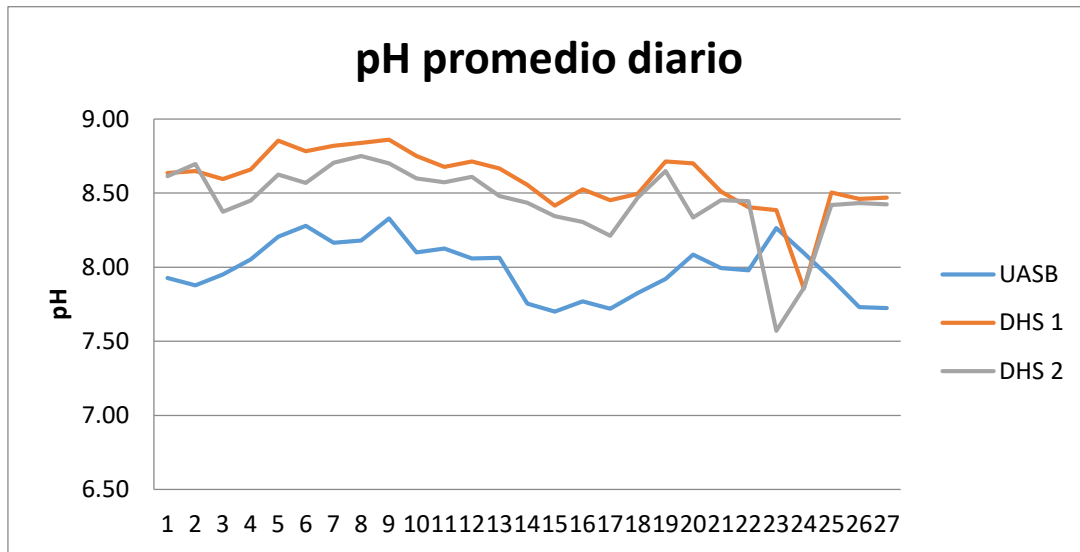


Figura 62. pH promedio diario de la parte experimental del DHS.

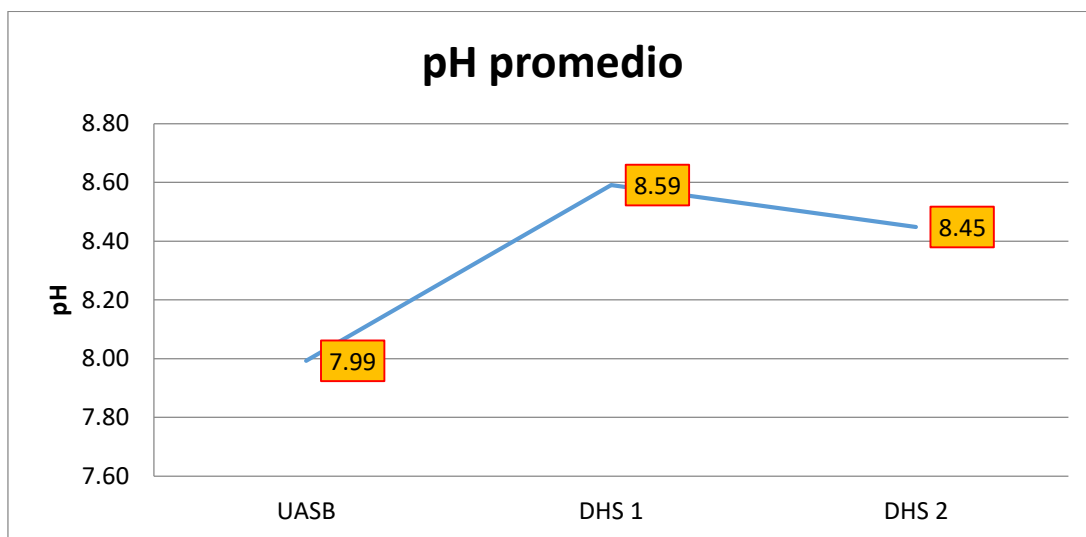


Figura 63. pH promedio de la parte experimental del DHS.

Interpretación:

Se determinó los resultados del pH en la parte experimental y se pudo apreciar que los valores promedios fueron de 7.99 en el reactor UASB, mientras que en el reactor DHS 1 fue de 8.59 y en el reactor DHS 2 fue de 8.45 tal como muestra la figura 63.

4.2.1.4 Conductividad Eléctrica

Tabla 16

Conductividad eléctrica promedio diario de la parte experimental del DHS.

Conductividad promedio diario ($\mu\text{S/cm}$)			
N°	UASB	DHS 1	DHS 2
1	1320.67	1265.67	1246.67
2	1280.00	1222.67	1180.67
3	1226.00	1131.33	1077.33
4	1200.33	1113.33	1050.00
5	1189.67	1140.33	1106.00
6	1163.00	1121.00	1064.33
7	1225.00	1127.00	1043.50
8	1156.00	1117.50	1062.50
9	1179.00	1111.50	1055.00
10	1211.00	1078.67	1032.67
11	1184.00	1084.33	1038.67
12	1249.33	1134.33	1033.00
13	1261.00	1104.67	1034.33
15	1210.00	1028.50	1005.85
16	1180.50	1021.50	977.00
17	1160.67	971.77	925.50
18	1122.50	979.20	989.90
19	1054.00	971.77	941.07
20	1020.50	959.00	904.50
21	1021.67	914.30	876.13
22	1018.50	942.30	886.05
23	970.00	906.50	820.00
24	1058.40	934.00	814.50
25	910.70	831.57	793.13
26	972.03	864.07	821.77
27	1002.83	917.47	871.33
Cond. prom.	1136.43	1038.24	986.59

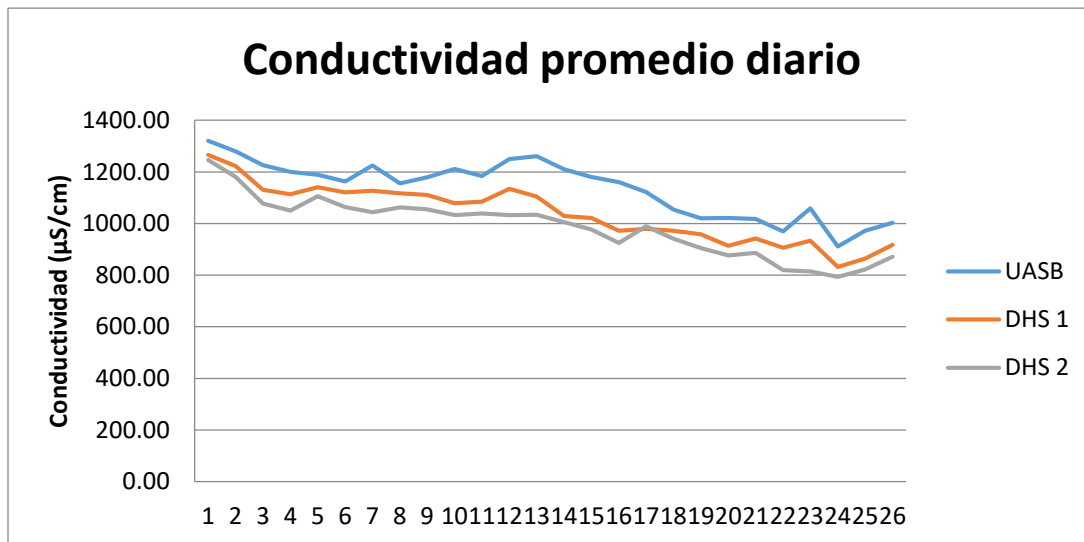


Figura 64. Conductividad eléctrica promedio diario de la parte experimental del DHS.

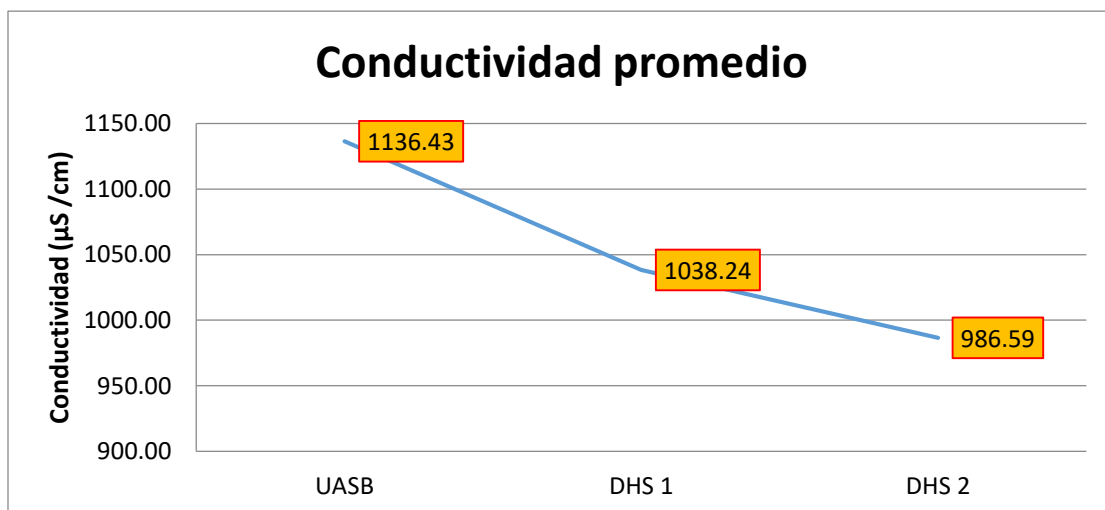


Figura 65. Conductividad eléctrica promedio de la parte experimental del DHS.

Interpretación:

Se determinó los resultados de la conductividad eléctrica del agua en la parte experimental y se pudo apreciar que los valores promedios fueron de 1136.43 $\mu\text{S/cm}$ en el reactor UASB, mientras que en el reactor DHS 1 fue de 1038.24 $\mu\text{S/cm}$ y en el reactor DHS 2 fue de 986.59 $\mu\text{S/cm}$ tal como muestra la figura 65.

4.2.1.5 Oxígeno Disuelto

Tabla 17

Oxígeno Disuelto promedio diario de la parte experimental del DHS.

Oxígeno disuelto promedio diario (mg/L)			
Nº	UASB	DHS 1	DHS 2
1	0.25	7.20	8.03
2	0.16	7.38	7.59
3	0.10	7.51	7.70
4	0.11	7.39	7.96
5	0.09	7.06	7.67
6	0.07	7.68	7.90
7	0.09	7.36	8.14
8	0.13	7.49	7.80
9	0.06	8.23	8.29
10	0.25	7.61	7.74
11	0.16	7.43	7.86
12	0.12	7.55	7.87
13	0.23	7.77	7.93
14	0.20	7.89	7.71
15	0.07	7.09	7.39
16	0.29	7.70	7.64
17	0.30	7.58	7.56
18	0.06	7.14	7.76
19	0.35	7.05	7.36
20	0.15	7.64	7.78
21	0.20	7.16	7.31
22	0.30	7.74	7.92
23	0.20	7.55	7.63
24	0.46	7.96	7.55
25	0.54	7.76	7.75
26	0.39	7.31	7.43
27	0.49	7.01	6.78
OD. prom.	0.21	7.49	7.70

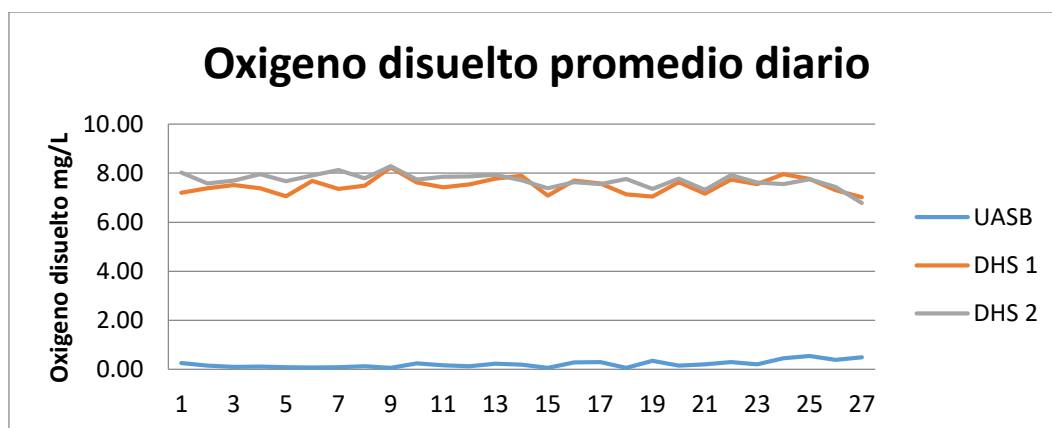


Figura 66. Oxígeno disuelto promedio diario de la parte experimental del DHS.

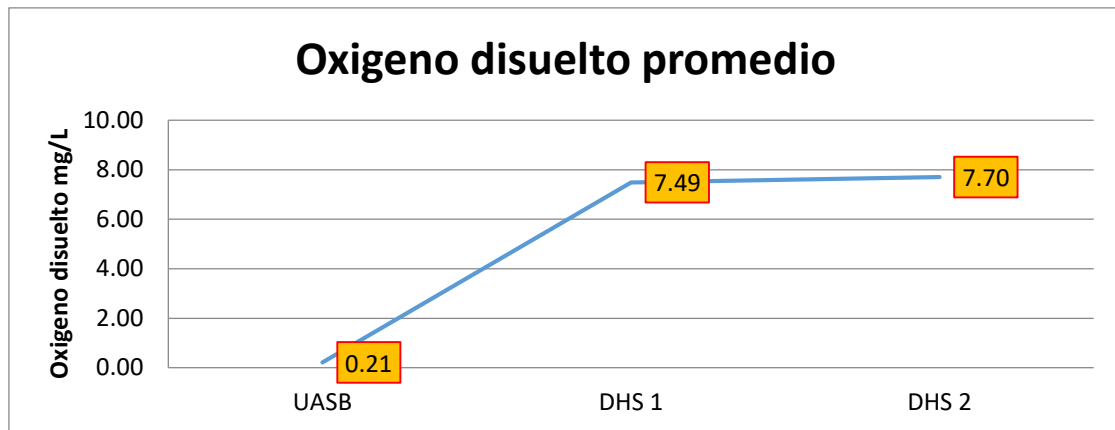


Figura 67. Oxígeno disuelto promedio de la parte experimental del DHS.

Interpretación:

Se determinó los resultados del oxígeno disuelto en la parte experimental y se pudo apreciar que los valores promedios fueron de 0.21 mg/L en el reactor UASB, mientras que en el reactor DHS 1 fue de 7.49 mg/L y en el reactor DHS 2 fue de 7.70 mg/L tal como muestra la figura 67.

4.2.2 Resultados microbiológicos

4.2.2.1 Coliformes Termotolerantes

Tabla 18

Resultado de coliformes fecales de la parte experimental del DHS.

	COLIFORMES FECALES			
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4
SALIDA UASB	7.90E+06	7.90E+06	1.70E+07	2.30E+06
SALIDA DHS 1	2.80E+05	1.10E+05	1.70E+06	1.70E+05
SALIDA DHS 2	7.90E+05	1.70E+05	7.90E+04	3.30E+04
Eficiencia 1	1.45E+00	1.86E+00	1.00E+00	1.13E+00
Eficiencia 2	1.00E+00	1.67E+00	2.33E+00	1.84E+00

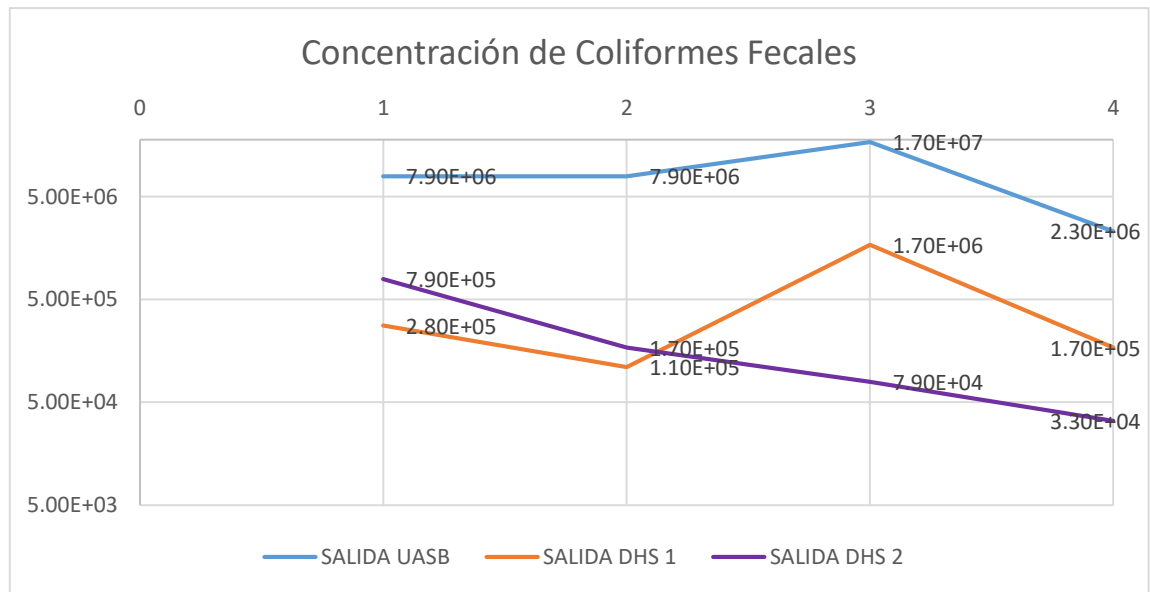


Figura 68. Concentración de los coliformes fecales de la parte experimental del DHS.

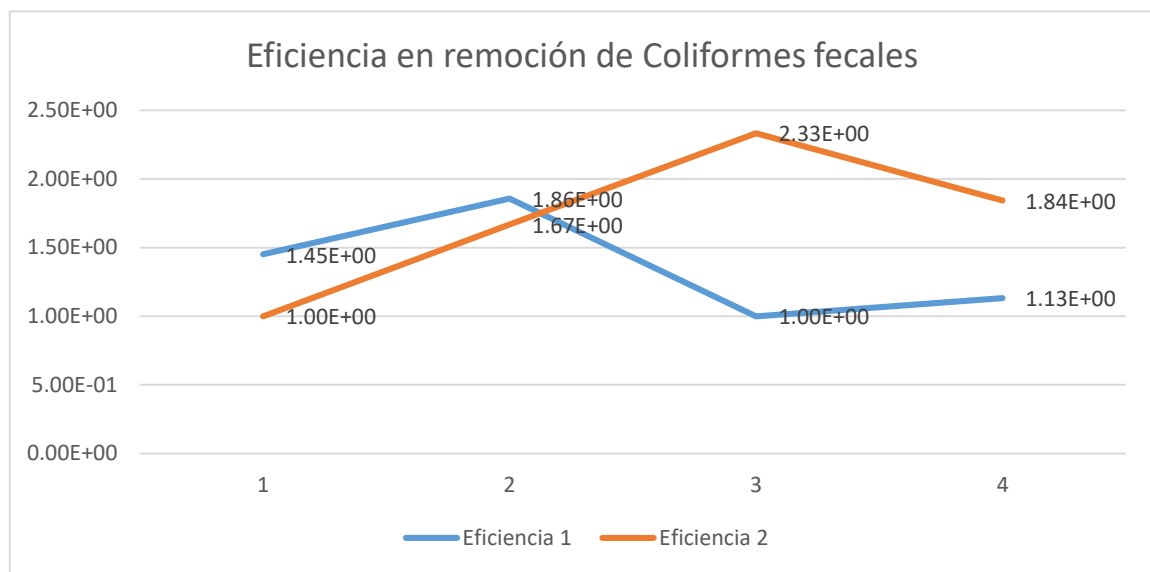


Figura 69. Eficiencia logarítmica de los coliformes fecales de la parte experimental del DHS.

Interpretación:

Se determinó los resultados de los coliformes fecales en la parte experimental y se pudo apreciar que los valores máximos de eficiencia logarítmica en el reactor DHS 1 fue de 1.86 log y en el reactor DHS 2 fue de 2.33 log como muestra la figura 69.

4.2.3 Resultados de los parámetros intervinientes

4.2.3.1 Temperatura Ambiental

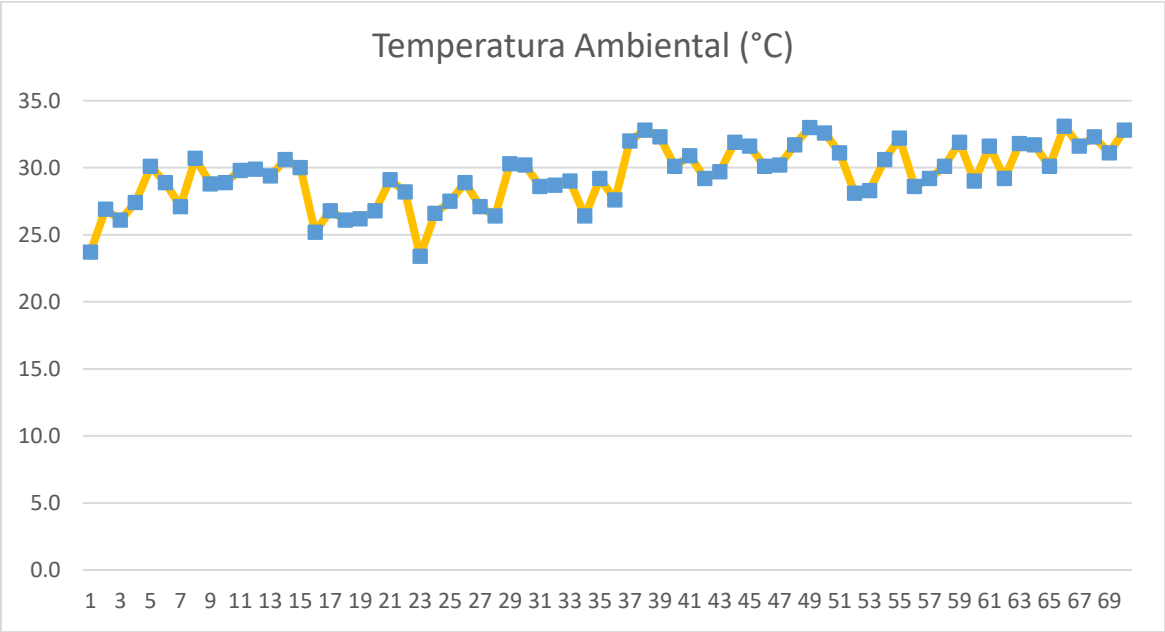


Figura 70. Temperatura ambiental de la parte experimental del DHS.

4.2.3.2 Humedad Relativa

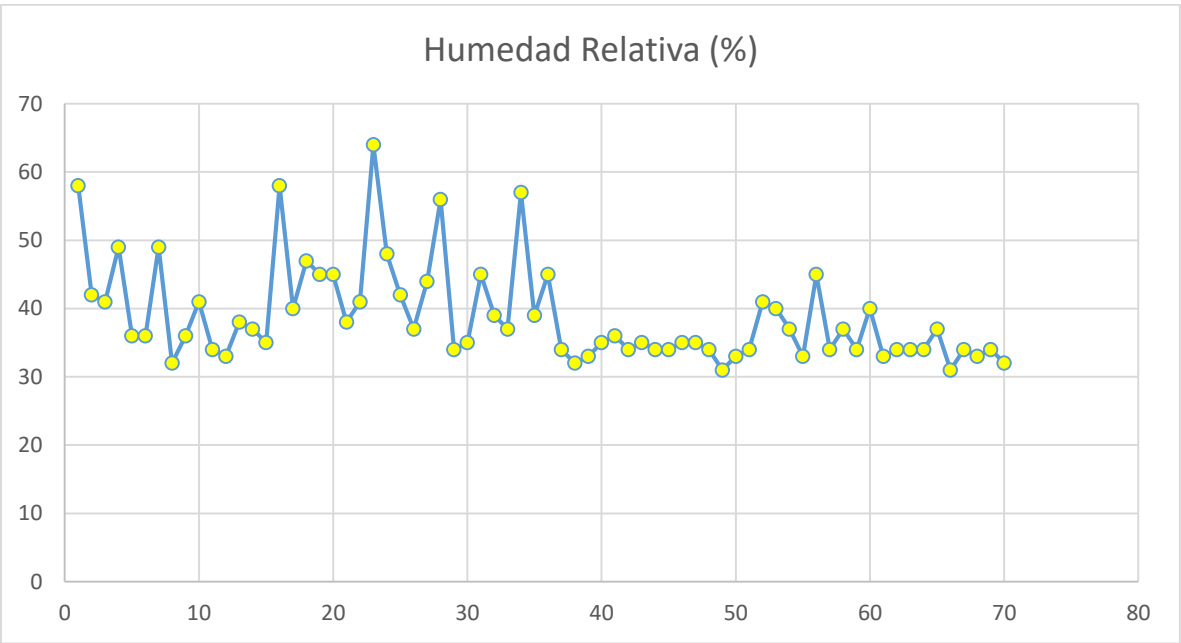


Figura 71. Humedad relativa de la parte experimental del DHS.

4.2.3.3 Temperatura Ambiental vs Humedad Relativa

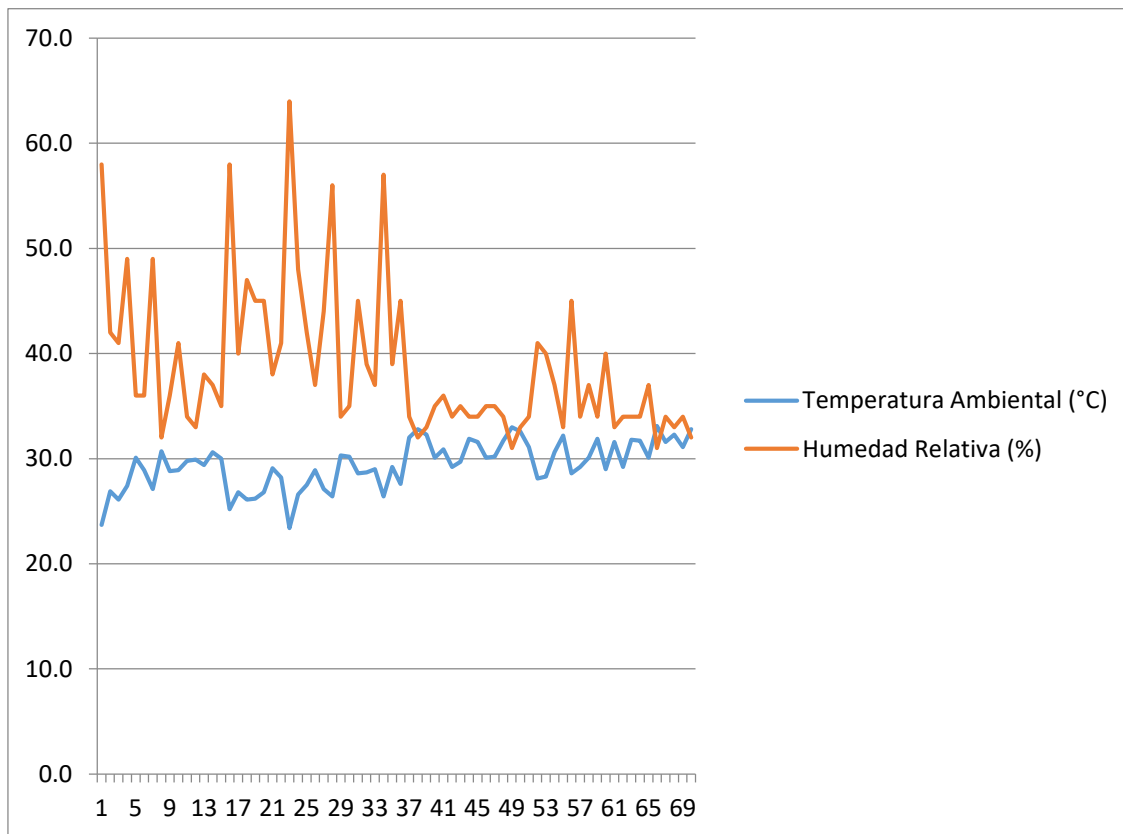


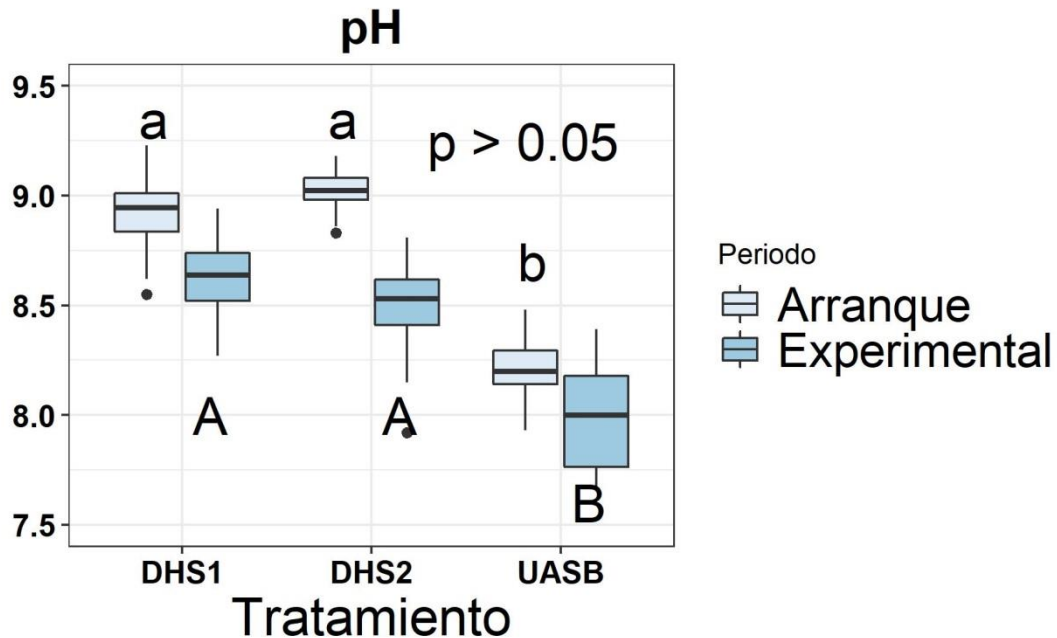
Figura 72. Temperatura ambiental vs humedad relativa de la parte experimental del DHS

Interpretación:

Se determinó los resultados de la temperatura ambiental y de la humedad relativa, donde se pudo apreciar que son inversamente proporcionales tal como muestra la figura 72 obteniendo valores entre 30 y 65% de humedad relativa y de temperatura ambiental entre 22 °C a 32 °C durante la parte experimental los cuales influyeron en el Sistema DHS 1 y DHS 2.

4.3 Diseño estadístico de los parámetros analizados en el periodo de arranque y en la parte experimental

4.3.1 Ph



Discusión:

Como podemos apreciar en la gráfica el p valor es >0.05 es decir tiene un nivel de confianza del 95%, los valores de pH del reactor UASB fueron mayores a 8.2 durante el periodo de arranque es por ello que se puede ver el incremento de pH durante dicho periodo en el DHS 1 el cual fue 8.9 y en el DHS 2 fue a 9 superando el D.S 004-2017-MINAM categoría 3 usos de riego, mientras que en la parte experimental disminuyó el pH del reactor UASB obteniendo como resultado 8 haciendo por ende que disminuya también el resultado del efluente del DHS 1 el cual fue 8.56 y del DHS 2 8.5 encontrándose dentro del rango permitido el cual es de 6.5 a 8.5 de pH, el pH incremento debido a que el reactor UASB se encontraba en su etapa final de vida útil.

Comparando con el D.S 003-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles también menciona que debe estar en el rango de 6.5 a 8.5 de pH para efluentes de PTAR el cual se cumplió en la parte experimental.

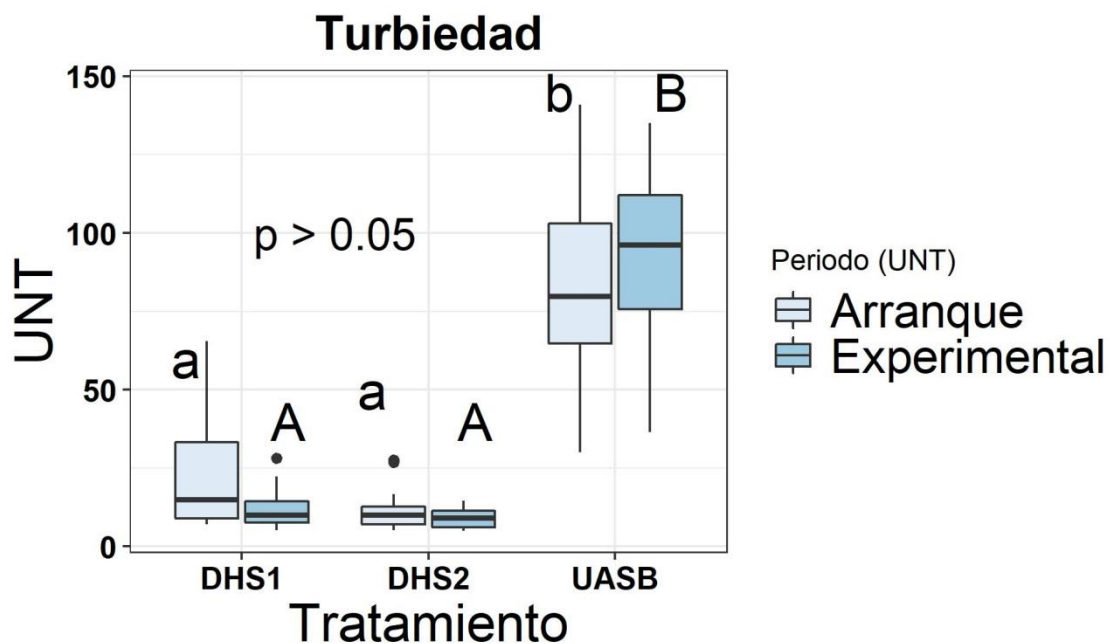
Según Nacional (2017), la clasificación de los microorganismos según su pH es:

Acidofilicos Son organismos que presentan un crecimiento óptimo a pH menos que 4.

Algunos microorganismos alcalófilos extremos son también halófilos (amantes de sal), y la mayor parte de éstos pertenecen a Archaea. Se denominan neutrófilos a los microorganismos con valores de pH neutro, entre 6 y 8.

Como podemos apreciar en nuestro sistema DHS existió mayor presencia de Alcalófilicos y por ello aumento el pH llegando a obtener valores de 9 y siempre aumento el pH en nuestro sistema debido a la presencia de estos. Además según Jiménez (2000), en las medidas de pH hay que tener presente que estas sufren variaciones con la temperatura.

4.3.2 Turbiedad



Discusión:

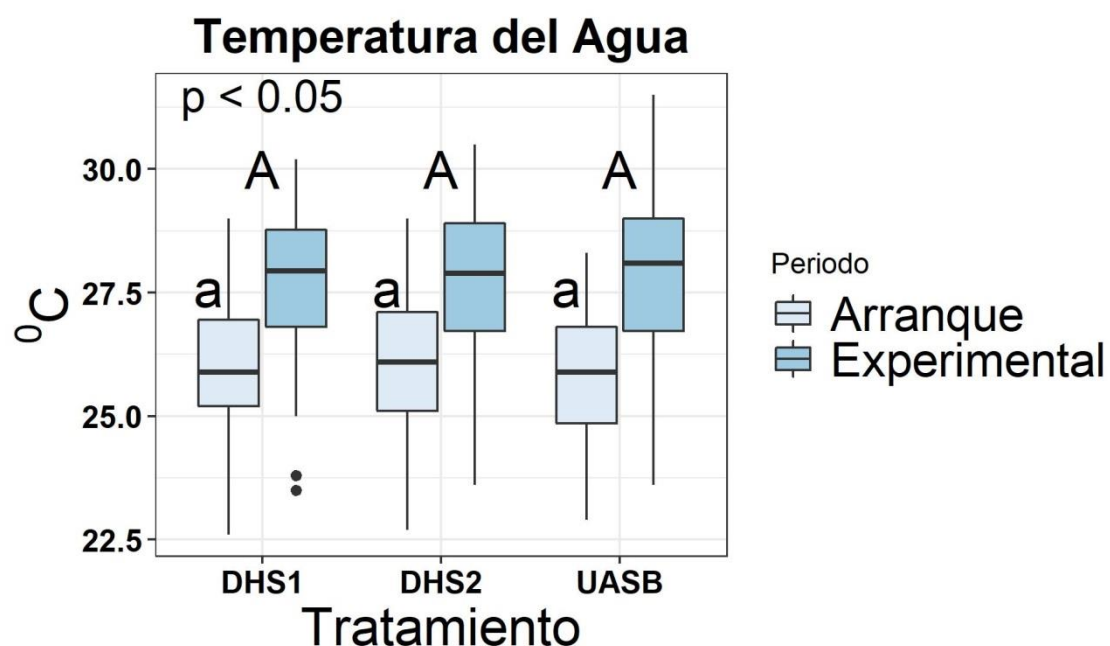
Como podemos apreciar en la gráfica el p valor es >0.05 es decir tiene un nivel de confianza del 95%, los valores de turbiedad del reactor UASB tanto en el periodo de arranque como en la parte experimental oscilan entre 80 a 100 UNT mientras que en el

DHS 1 fue de 15 a 20 UNT en el periodo de arranque ya que aún no se encontraba estable nuestro sistema se obtuvo valores elevados de turbiedad a diferencia del DHS 2 fue de 10 a 15 UNT ya que se estabilizo mucho antes, pero ya en la parte experimental se pudo obtener valores menores a 10 UNT y con ello se pudo ver la eficiente remoción en este parámetro gracias a la capacidad de retención de solidos de la esponja utilizada como medio filtrante.

Comparando con el D.S 004-2017-MINAM categoría 3 usos de riego, no especifica un valor establecido lo cual cabe mencionar que la normativa no exige el cumplimiento en este parámetro debido a que muy variable el resultado.

Comparando con el D.S 003-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles también no especifica un valor establecido ya que la normativa no exige el cumplimiento en este parámetro debido a que muy variable el resultado para efluentes de PTAR. Según Jiménez (2000), los sólidos sedimentables son los causantes de la turbidez debido a que producen dispersión de la luz que atraviesa la muestra de agua.

4.3.3 Temperatura del agua



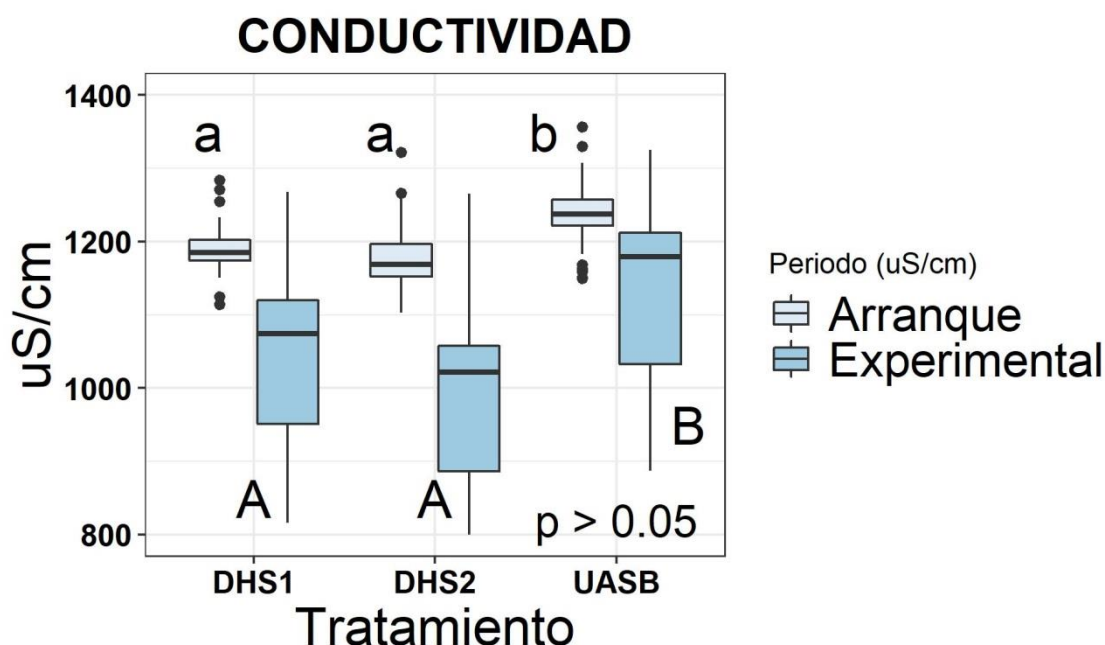
Discusión:

Como podemos apreciar en la gráfica el p valor es <0.05 , los valores de temperatura del agua en el periodo de arranque estuvieron entre 26°C a 27°C y en la parte experimental fue de 28°C , cumpliendo con el D.S 004-2017-MINAM categoría 3 usos de riego, donde menciona que el rango debe ser diferencial de tres de la temperatura ambiental lo cual en el periodo de arranque fue 27°C y en la parte experimental 29°C encontrándose dentro de lo permitido.

Comparando con el D.S 003-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles menciona que la temperatura debe ser $< 35^{\circ}\text{C}$ para efluentes de PTAR encontrándose dentro el valor obtenido por nuestro sistema DHS.

Según Nacional (2017), los microorganismos mesofilicos se encuentran a una temperatura óptima: $30-45^{\circ}\text{C}$ representan a la mayoría de los microorganismos distribuidos en el planeta. Según Jiménez (2000), la temperatura del agua tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos procesos que en ella se realizan, de forma que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases.

4.3.4 Conductividad Eléctrica

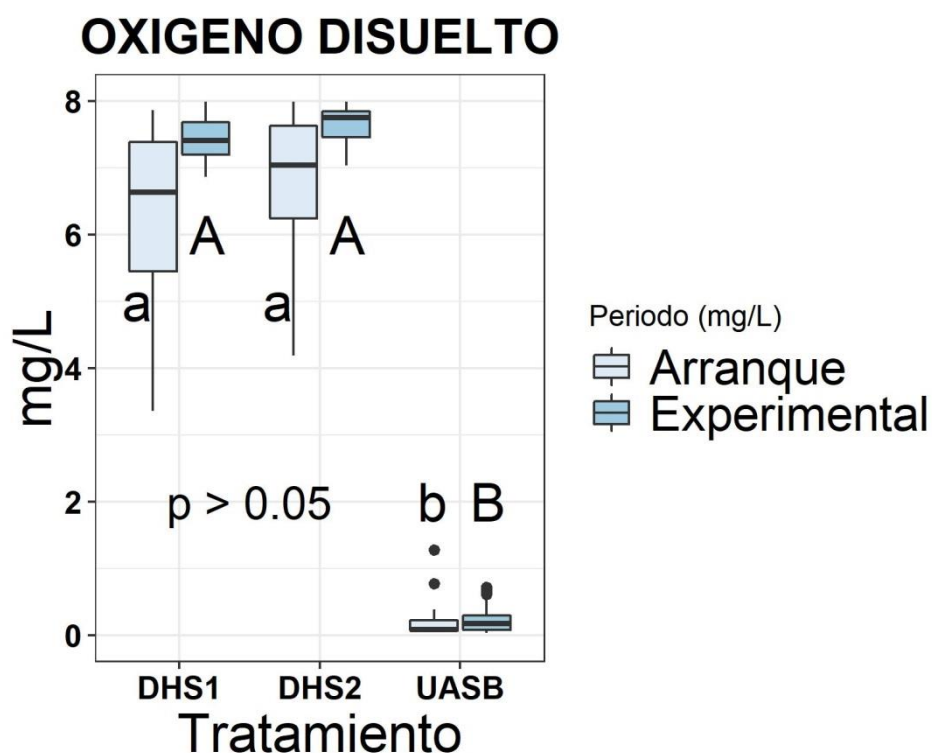


Discusión:

Como podemos apreciar en la gráfica el p valor es >0.05 es decir tiene un nivel de confianza del 95%, los valores de conductividad eléctrica en el periodo de arranque estuvieron entre 1200 us/cm a 1250 us/cm en el DHS 1, ya en la parte experimental estuvieron en el DHS 2 entre 1000 us/cm a 1200 us/cm observando una disminución gracias a nuestro sistema DHS ya que el reactor UASB estuvo entre 1200 us/cm a 1300 us/cm cumpliendo la exigencia del D.S 004-2017-MINAM categoría 3 usos de riego que menciona que debe ser menor a 2500 us/cm.

Comparando con el D.S 003-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles no menciona un valor para este parámetro en efluentes de PTAR, esta reducción en el DHS se debe a que las sales presentes en el agua residual doméstica se adhiere a la esponja y quedan retenidas formando parte de la biomasa. Según Ruiz (2012), la adición de algunos electrolitos tales como NaCl o CaCl_2 genera un aumento en la conductividad del agua residual.

4.3.5 Oxígeno Disuelto



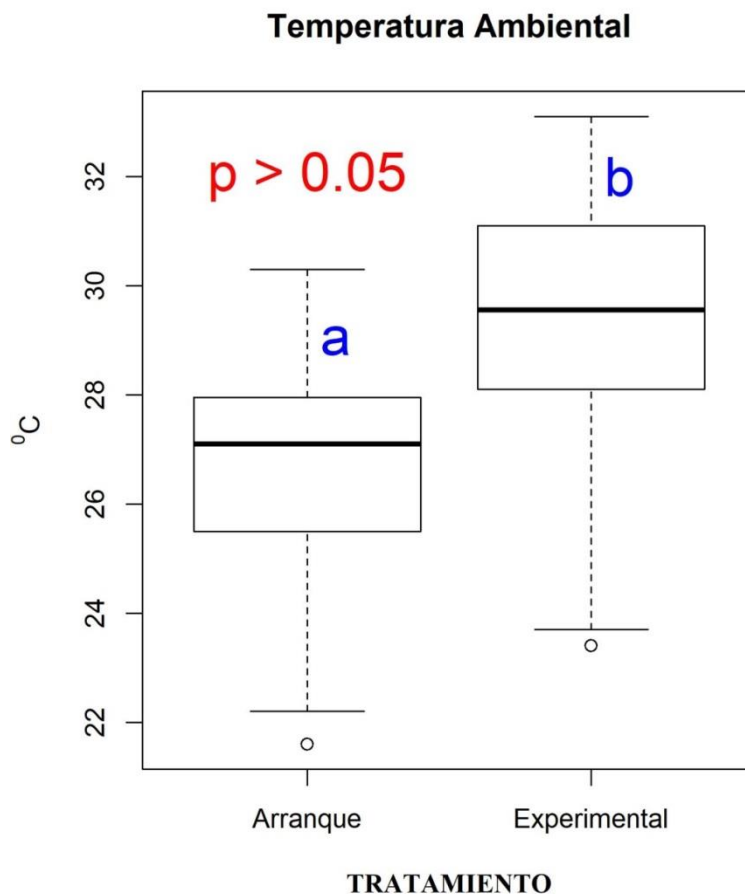
Discusión:

Como podemos apreciar en la gráfica el p valor es >0.05 es decir tiene un nivel de confianza del 95%, los valores de oxígeno disuelto en el periodo de arranque y en la parte experimental del reactor UASB se encontraron inferiores a 1 mg/L, mientras que en nuestro sistema DHS 1 en el periodo de arranque y en la parte experimental se obtuvieron valores entre 7 mg/L a 7.5 mg/L, ya en el DHS 2 en el periodo de arranque y en la parte experimental se obtuvieron valores entre 7.6 mg/L a 8 mg/L, y estos se encuentran superiores a lo que exige la norma, por ende se cumplió la exigencia de la normativa establecida en el D.S 004-2017-MINAM categoría 3 usos de riego que menciona que debe ser mayor a 5 mg/L.

Comparando con el D.S 003-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles no menciona un valor para este parámetro en efluentes de PTAR, este aumento es debido a que nuestro sistema es un tratamiento aerobio, ya que el ingreso del caudal es por gravedad y existen separaciones que permite el ingreso de aire en nuestro reactor DHS.

Existe una relación entre la concentración del oxígeno disuelto en el agua (OD) y su grado de contaminación. A mayor cantidad de materia orgánica contenida en una muestra de agua, más cantidad de oxígeno necesitan los microorganismos para oxidarla o degradarla. Según Raffo Lecca y Ruiz Lizama (2014), la actividad biológica es provocada por los microorganismos en condiciones aeróbicas, dando como consecuencia que la materia orgánica pierda sus propiedades contaminantes.

4.3.6 Temperatura Ambiental

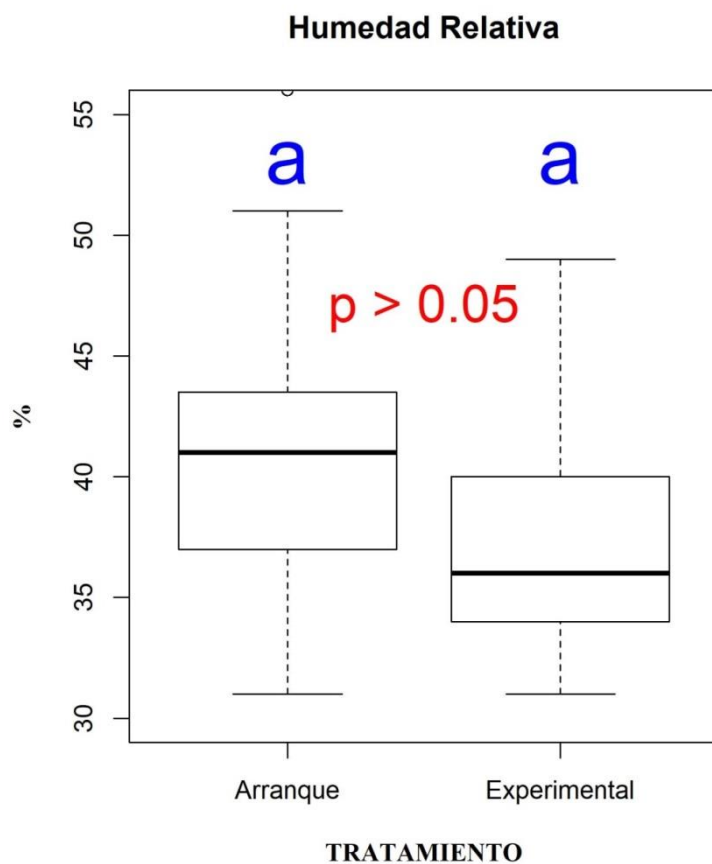


Discusión:

Como podemos apreciar en la gráfica el p valor es >0.05 es decir tiene un nivel de confianza del 95%, los valores de la temperatura ambiental en el periodo de arranque

oscilaba entre 26 °C y 27 °C mientras que en la parte experimental se obtuvo valores entre 28 °C y 29 °C debido a que el periodo de arranque se evaluó al inicio de la estación de verano (Diciembre), por otro lado la parte experimental se evaluó dos meses (Enero y febrero). Según Delgadillo (2012), las altas temperaturas en el reactor afectan la actividad de los microorganismos, la transferencia de oxígeno y las propiedades de sedimentación de los lodos biológicos, principalmente. El efecto de la temperatura, frecuentemente no es tomado en cuenta en los modelos para evaluar el desempeño de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

4.3.7 Humedad Relativa



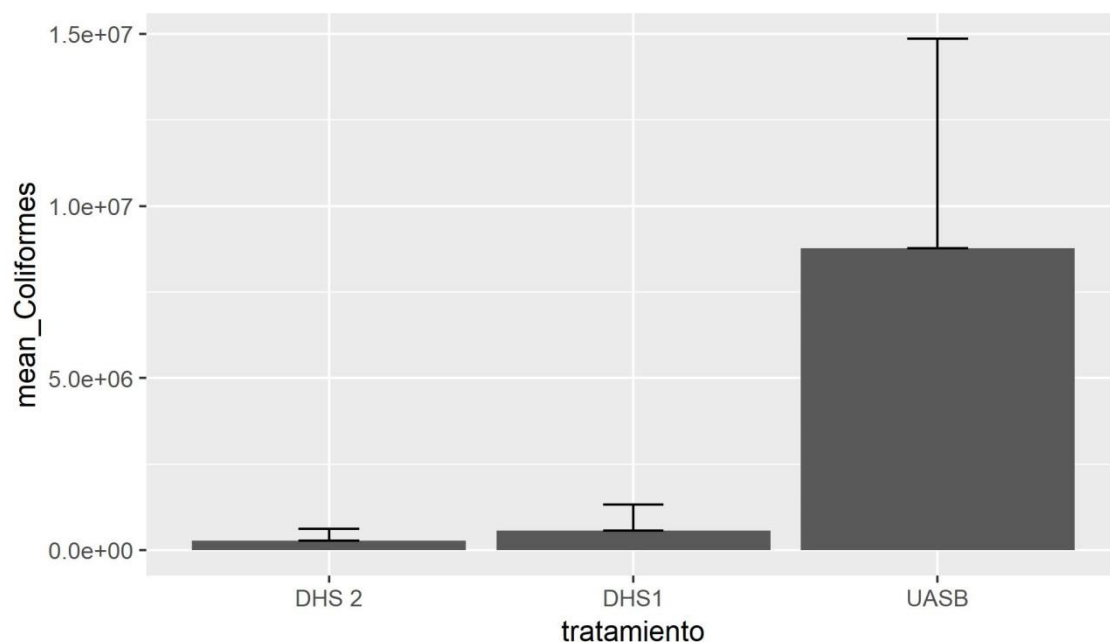
Discusión:

Como podemos apreciar en la gráfica el p valor es >0.05 es decir tiene un nivel de confianza del 95%, los valores de Humedad relativa el periodo de arranque se

encontró en 40% y en la parte experimental se encontró en 35% lo cual fue inversamente proporcional a la temperatura ambiental, es decir a mayor temperatura ambiental menor humedad relativa.

Según International (2019), la humedad relativa, mide la cantidad de agua en el aire en forma de vapor, comparándolo con la cantidad máxima de agua que puede ser mantenida a una temperatura dada.

4.3.8 Coliformes fecales



Discusión:

Como podemos apreciar en la gráfica el p valor es >0.05 es decir tiene un nivel de confianza del 95%, los valores de coliformes fecales en la parte experimental tienden a disminuir en nuestro sistema DHS, entre 1 a 2 logaritmos pero no se pudo cumplir la exigencia del DS 004-2017-MINAM categoría 3 usos de riego la cual menciona que debe ser menor a 1000 NMP/100mL, y comparando con el D.S 003-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles menciona debe ser menor a 10 000 NMP/100mL para efluentes de PTAR el cual tampoco se llegó a cumplir y es por ello que se necesita de un tratamiento terciario para poder cumplir la exigencia de la normativa vigente.

Los coliformes fecales son organismos mesofilicos cuyo crecimiento óptimo se encuentra entre 25°C y 40 °C; a temperaturas menores de 20 °C se hallan en estado de latencia y a temperaturas mayores de 50 °C mueren. (Ponce correal, 2008)

Según Harada (2019), para minimizar costos podemos emplear como tratamiento terciario la cloración (Hipoclorito de sodio), por cada 1 m³ de agua se necesitaría 120mg de NaOCl.

CAPITULO V:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se determinó la eficiencia del reactor de esponjas colgante de flujo descendente (DHS) a escala piloto como tratamiento aerobio secundario, posterior al tratamiento del reactor anaerobio de manto de lodos de flujo ascendente (UASB) del agua residual doméstica de los centros poblados el Ángel y el Milagro en el distrito del Rímac, alcanzando la eficiencia en el parámetro de turbiedad en el DHS1 de 89% y del DHS 2 al 93% con un 95% de nivel de confianza, así mismo en coliformes termotolerantes del DHS 1 fue de 1.86 log en porcentaje fue de 98.61% y en el DHS 2 de 2.33 log en porcentaje fue de 99.54%, y es por ello que dicho alcance fue por los excelentes resultados a lo largo de su funcionamiento y el sistema requiere de menos operación y mantenimiento, en comparación a otros sistemas de tratamiento secundario.

Se determinó el efecto del sistema DHS en los parámetros físico-químicos (Temperatura, pH, Turbiedad, Oxígeno Disuelto y Conductividad) del efluente del reactor UASB y efluente del reactor DHS donde los resultados del efluente fueron en el reactor UASB la Temperatura del agua fue de 27.8 °C mientras que en el DHS1 y DHS2 fue de 27.7 °C, luego el pH del reactor UASB fue de 7.99 mientras que en el DHS1 fue 8.59 y en el DHS2 fue 8.45, en cuanto a Turbiedad en el reactor UASB fue de 101.1 UNT mientras que en el DHS1 fue de 10.5 UNT y DHS2 de 6.3 UNT, para el parámetro de Oxígeno Disuelto en el reactor UASB fue de 0.21 mg/L mientras que en el DHS 1 fue de 7.49 mg/L y en el DHS2 fue 7.70 mg/L y por último para el valor de Conductividad Eléctrica en el reactor UASB fue 1136.43 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mientras que en el DHS1 fue de 1038.24 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en el DHS2 fue 986.59 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se pudo determinar lo

eficiente que fue nuestro sistema, mostrando un efecto significativo en la remoción de dichos parámetros.

Se determinó el efecto del sistema DHS en el parámetro microbiológico de Coliformes termotolerantes del efluente del reactor UASB y efluente del reactor DHS, donde el valor máximo de remoción en el DHS 1, utilizando el agua tratada del reactor UASB el cual fue de 7900000 NMP/100ml y utilizando como tratamiento el DHS1 el cual fue de 110000 NMP/100ml obteniendo una remoción de 1.86 log, mientras que el valor máximo de remoción en el DHS 2 utilizando el agua tratada del reactor UASB el cual fue de 17000000 NMP/100ml y utilizando como tratamiento el DHS2 el cual fue de 79000 NMP/100ml obteniendo una remoción de 2.33 log, demostrando que tuvo un efecto significativo en la remoción de dicho parámetro.

Se determinó la eficiencia del DHS a lo largo de su periodo de funcionamiento (Arranque y Experimental) mediante un análisis estadístico utilizando el programa R ya que es un software libre y programable, comparando con el ECA categoría 3 uso de riego y los LMP para efluentes de PTAR de agua vigentes haciendo una comparación entre el D.S 004-2017-MINAM con los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el cumplimiento categoría 3 para uso de riego y el D.S 003-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles para efluentes de PTAR, donde se pudo determinar lo eficiente que fue nuestro sistema DHS a lo largo de su funcionamiento en los parámetros fisicoquímicos pero en los parámetros microbiológicos no, y es por ello que la calidad del agua no se ajusta a la normativa del ECA categoría 3 uso de riego ni a los LMP para efluentes de PTAR en el parámetro microbiológico, debido a que requería mayor tiempo de funcionamiento nuestro sistema y también para este tipo de tratamiento se considera necesario un post tratamiento. El sistema DHS servirá como alternativa para remplazar las lagunas de estabilización y maduración (criadero de

algas), ya que ocupan grandes extensiones de terreno y hoy en día no contamos debido a la sobrepoblación.

5.2 Recomendaciones

- Tras determinar lo eficiente que fue nuestro sistema DHS se recomienda realizar diariamente un adecuado mantenimiento de las mangueras del distribuidor de caudal que ingresan al prototipo con ayuda de un alambre inoxidable, con la finalidad de evitar la acumulación de sólidos en estas zonas. Además se recomienda colocar mallas de plástico en las zonas de aireación del sistema DHS, antes y después del reactor R1, con la finalidad de evitar el ingreso de insectos o cualquier otro organismo que pueda perjudicar el adecuado funcionamiento del sistema.
- Para determinar excelentes resultados en los parámetros fisicoquímicos (en especial pH), se recomienda utilizar la tecnología DHS post reactor UASB cuando este se encuentre en buen estado, ya que esta presente investigación fue realizada en la última etapa de vida útil del reactor UASB.
- En caso se utilice sedimentador secundario se recomienda buscar la dosis óptima de hipoclorito de sodio para la eliminación de los coliformes termotolerantes o fecales de esta manera se podrá cumplir la normativa vigente en dicho parámetro.
- Se recomienda continuar investigando el sistema DHS aplicando diferentes combinaciones de generaciones; a fin de evaluar las posibles variaciones en las eficiencias en la remoción de los diferentes parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acuña, v. O. (2013). *Eficiencia del sistema de esponjas colgantes DHS de primera generación en el tratamiento del efluente del reactor UASB*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Amaya, W., Cañòn, O., y Aviles, O. (2004). *Control de pH para planta de tratamiento de aguas residuales*. Ciencia e ingeniería Neogranadina, 86-95.
- Ambiente, M. d. (2005). *Ley General del Ambiente Ley N°28611*. Lima: MINAM.
- Ambiente, M. d. (2008). *Delitos Ambientales*. Lima: MINAM.
- Arango-Ruiz, Á., y Garcés-Giraldo, L. F. (2009). *Influencia de la conductividad eléctrica en la electrocoagulación de aguas residuales de la industria láctea*. Producción + Limpia, 4(2), 53–64.
- Ashbolt, N; Grabow, W ; Snozzi, M. (2001). *Indicators of microbial water quality*. En: *Fewtrell L, Bartram J, (eds.) Water quality: Guidelines, standards and health – Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease. Serie de monografías de la OMS sobre el agua (Water Series)*. Londres
- Atarés Huerta, L. (2008). *Determinación de la porosidad*. Valencia : Departamento de tecnología de alimentos.
- Bhardwaj, R. K. (2011). *DHS (Down-flow Hanging Sponge) Bio-Tower a Sustainable Method for Waste Water Treatment*. Umdcipe.Org, (September), 8–10. Retrieved from <http://umdcipe.org/conferences/epckdi/11.pdf>
- Breuker, S. (7 de Marzo de 2012). *Filtros Percoladores*. Obtenido de <http://filtrospc.blogspot.pe/2012/03/tipos-de-filtros-percoladores.html>

- Bundy, C. A., Wu, D., Jong, M. C., Edwards, S. R., Ahammad, Z. S., y Graham, D. W. (2017). *Enhanced denitrification in Downflow Hanging Sponge reactors for decentralised domestic wastewater treatment. Bioresource Technology*, 226, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.11.122>
- Campos, M., Beltrán, M., Fuentes, N., y Moreno, G. (2018). *Huevos de helmintos como indicadores de contaminación de origen fecal en aguas de riego agrícola, biosólidos, suelos y pastos. Biomédica*, 42-43.
- Chuang, H., Yamaguchi, T., Harada, H., y Ohashi, A. (2008). *Anoxic Ammonium Oxidation by Application of a Down-flow hanging sponge (DHS) reactor. Journal of Environmental Engineering and Management*, 18(6), 409–417. Retrieved from http://ser.cienve.org.tw/download/18-6/jeeam18-6_409-417.pdf
- CYTED. (2016). Capítulo 20 *Indicadores de contaminación fecal en aguas*. Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración Del Agua, 224–229. Retrieved from http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf
- Del, P., Flotaci, *Proyecto del circuito de flotación flash en mejora de la recuperación de Oro grueso*. (2006). Universidad nacional de ingeniería.
- Delgadillo, S. A. (2002). *Efecto de la temperatura en el desempeño de un sistema de tratamiento de efluentes de una industria petroquímica*. Mexico: Departamento de Energía.
- Donate, J. P., y Dorado, L. M. V. (2010). *Digestión aerobia*.
- Envitech, C. (9 de Abril de 2018). *Tratamiento biológico de aguas residuales*. Obtenido de <https://blog.condorchem.com/tratamiento-biologico-de-aguas-residuales/>

- García, J., y Xirau, M. (2013). *Manual de análisis de Vinos*. Retrieved from <http://www.usc.es/caa/MetAnalisisStgo1/enologia.pdf>
- García, L., y Iannaccone, J. (2014). *Pseudomonas Aeruginosa Un Indicador Complementario De La Calidad De Agua Potable: Análisis Bibliográfico a Nivel De Sudamérica*. *The Biologist* (Lima), 12(1), 133–152.
- Geológica, F. D. E. I., Minera, Y., Estructural, C., y Exploratorio, Y. P. (2009). Universidad nacional de ingeniería.
- González-Ugalde C., D. E. (2013). *Formación acelerada de gránulos productores de hidrógeno para el arranque de reactores UASB utilizando vinazas Accelerated formation of hydrogen-producing granules for the start-up of UASB reactors using vinasses*. *Tecnología En Marcha*, 27(1), 38–47.
- González-Ugalde, C., y Durán-Herrera, J. E. (2015). *Producción de hidrógeno a partir del tratamiento anaerobio de vinazas en un reactor UASB*. *Revista Tecnología En Marcha*, 27(3), 3. <http://doi.org/10.18845/tm.v27i3.2061>
- Goyenola, G. (2007). *Guía para la utilización de las Valijas Viajeras – Oxígeno Disuelto Oxígeno*. Red Mapsa, 1–3.
- Guerrero, F. B. (2015). *R project: su aplicación como software libre para análisis en componentes principales*. Redalyc, 1-17.
- HACH COMPANY. (2017). *¿Qué es la conductividad?* Naucalpan de Juárez, 1-2.
- Harada, H. (18 de Enero de 2019). *Tecnología DHS* . (C. A. Castillo, Entrevistador)
- Hernández, C., Aguilera, G., & Castro, G. (2011). *Situación de las enfermedades gastrointestinales en México*. *ENF INF MICROBIOL* , 137-151.

- Hideki Harada.(2008) *India-Japan international collaboration for an Innovative Sewage Treatment Technology with Cost-Effective and Minimum Energy*.
- Hinshelwood, C. (1944). *Bacterial growth*, (August), 37–54.
- Ingredientes, D. E. L. O. S., Usos, A. Y., Reproductivos, E., Genotoxicos, E., Auxilios, P., En, P., y Derrames, C. D. E. (2010). *Guia*18, 277–292.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2017). *Manual de evaluaciòn de impactos ambientales de actividades rurales*. IICA. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=lnnqaK9UCZAC>
- International. (20 de Abril de 2019). *AkzoNobel* . Obtenido de <http://www.yachtpaint.com/esp/diy/ask-the-experts/qu%C3%A9-es-la-humedad-relativa.aspx>
- Jiménez, A. A. (2000). *Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas*. Madrid: Instituto Tecnológico de Química y Materiales “Álvaro Alonso Barba”. Universidad Carlos III.
- Larrea, J., Rojas, M., Romeu, B., Rojas, N., & Heydrich, M. (2013). *Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura*. Revista CENIC. Ciencias Biológicas, 26-27.
- Lizarazo, J., & Orjuela, M. (2013). *Sistema de planta de tratamiento de aguas residuales en Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Lizarazo, J., & Orjuela, M. (2013). *Sistema de planta de tratamiento de aguas residuales en Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Lloyd, E., y Tembo, A. (n.d.). *Comparison of Down-Flow Hanging Sponge and Woven Fiber Membrane Systems for Treatment of Polluted Canal Water by*, (May 2014).

- Machdar, I., Muhammad, S., Onodera, T., y Syutsubo, K. (2015). *Use of G3-DHS Bioreactor for Secondary Treatment of Septic Tank Desludging Wastewater. Wastech*, 3(October), 41–46. <https://doi.org/10.12777/wastech.3.2.41-46>
- Martínez, R. A., & Losa, A. S. (2017). *El procesamiento estadístico con R en la investigación científica*. Scielo , 1.
- Mendoza García, J. (20 de Abril de 2017). *Informe de la Visita Técnica N°2*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/346559147/INFORME-N-2-CITRAR-UNI>
- Miembros, P. d. (1988). *Determinación del grado de eficiencia de plantas de tratamiento de aguas residuales*. San Jose: OPS/CEPIS.
- Ministerio de Salud. DIGESA. (2007). *Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales y sus Anexos I, II, III y IV. Resolución Directoral N° 2254/2007/DIGESA/SA*.
- Ministerio del Ambiente. (2012). *Glosario de términos para la gestión ambiental peruana*. Lima: MINAM.
- Ministry of the Environment, J. (June de 2005). *Global Environment Centre Foundation*. Obtenido de http://nett21.gec.jp/water/data/water_13-1.html
- Nacional, I. p. (2017). *Influencia de la temperatura y el pH en el desarrollo microbiano*. Mexico : Escuela Nacional de ciencias biológicas .
- Navarro, M. O. (2007). *Demanda bioquímica de oxígeno 5 días, incubación*. Colombia: IDEAM.
- Nazaroff, y Alvarez-Cohen. (2011). *Secondary Treatment : Activated Sludge*, 1–22.
- Núñez, C. R. (2015). *Compendio Normativo* . Lima: Tribunal Constitucional del Perú.

- OEFA. (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Organismo de Evaluación Y Fiscalización Ambiental, 42. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Okubo, T., Iguchi, A., Takahashi, M., Kubota, K., y Uemura, S. (2016). *Treatment Performance of Practical-Scale Down-flow Hanging Sponge Reactor Using Sixth-Generation Hard Sponge Media*.
- Paz-Y-Miño, M., Barzola, C., Lazcano, C., Ponce, M., y León, J. (2003). *Colifagos como indicadores de contaminación fecal y de remoción bacteriana en la potabilización del agua*. Revista Peruana de Biología, 10(2), 133–144.
- Ponce correál, A. D.-E. (2008). *Eliminación de bacterias patógenas en lodos residuales durante el secado solar*. Scielo, 162-170.
- Raffo Lecca, E., y Ruiz Lizama, E. (2014). *Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno*. Redalyc, 72-80.
- Republica, P. d. (2006). *Ley General de servicios de saneamiento*. Lima: Congreso del Perú.
- Republica, P. d. (2010). *Aprueban Limites Maximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales*. Lima: El peruano .
- Republica, P. d. (2017). *Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua*. Lima: MINAM.
- Rios, S., Agudelo, R., & Gutiérrez, L. (2017). *Patògenos e indicadores microbiològics de calidad del agua para consumo humano*. Rev.Fac.Nac.Salud pública, 236-247.
- Rocha Castro, E. (2010). *Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas*.

- Rodriguez, J. A. (2010). *Propiedades físicas: Densidad y porosidad. Petrologia y Geoquímica*, 1-4.
- Ruiz, Á. A. (2012). *Efectos del pH y la conductividad en la electrocoagulación de aguas residuales de la industria láctea. Scielo* , 4.
- Sandoval, A., y Carlo, G. (1991). *Determinación de coliformes fecales*, 1, 26. Retrieved from <https://www.ircwash.org/sites/default/files/245.11-91AD-9090.pdf>
- Sawyer, H. (2011). *Producto Final – Anexo No . 12 Sistema de Desinfección*, (12).
- SINIA. (2013). *Aprovechamiento y Reuso de Aguas Residuales Parte 2.*, 2, 57. Retrieved from http://www.fundacionchile.com/archivos/2_Aprovechamiento.pdf %5Cnfile:///C:/Users/czar/Downloads/153.pdf
- Sousa, V. D., Mendes, M. D., & Costa, I. A. (2007). *Revisión de diseños de investigación resaltantes para enfermería. parte 1: diseños de investigación cuantitativa*. Estados Unidos : Latino-am Enfermagem.
- Trujillo, D., Duque, L., Arcila, J., Rincón, A., Pacheco, S., y Herrera, O. (2014). *Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano*. Revista ION, 17-34.
- UDEP. (2012). *Capítulo I Naturaleza del agua residual doméstica*.
- Uemura, S., Suzuki, S., Maruyama, Y., y Harada, H. (2012). *Direct treatment of settled sewage by DHS reactors with different sizes of sponge support media. International Journal of Environmental Research*, 6(1), 25–32.
- Von Sperling, M. (2007). *VOL_2_ Basic principles of wastewater treatment. Biological*

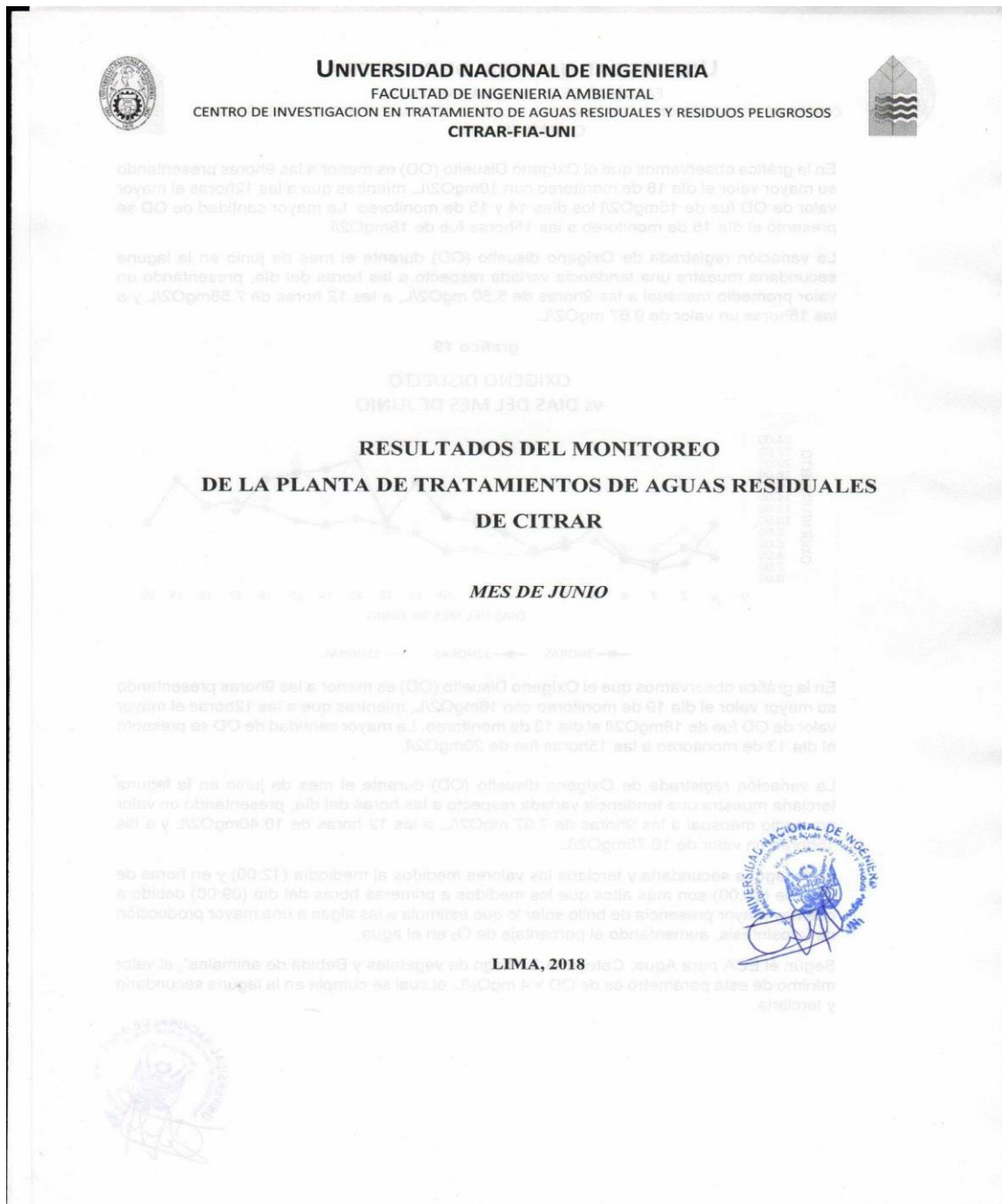
Wastewater Treatment series (Vol. 45). <https://doi.org/10.5860/CHOICE.45-2632>

Wahaab, R. A., y Younes, S. M. (2013). *Downflow Hanging Sponge (DHS) reactor as a novel post treatment system for municipal wastewater. Life Science Journal*, 10(3), 409–414.

Zaragoza. (2010). *Características de las aguas residuales*, 62.

ANEXOS

Anexo 1: Informe De Resultados Mensual De CITRAR-UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

CENTRO DE INVESTIGACION EN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

CITRAR-FIA-UNI



En la gráfica observamos que el Oxígeno Disuelto (OD) es menor a las 9 horas presentando su mayor valor el día 18 de monitoreo con 10mgO₂/L, mientras que a las 12 horas el mayor valor de OD fue de 15mgO₂/l los días 14 y 15 de monitoreo. La mayor cantidad de OD se presentó el día 15 de monitoreo a las 15 horas fue de 18mgO₂/l.

La variación registrada de Oxígeno disuelto (OD) durante el mes de junio en la laguna secundaria muestra una tendencia variada respecto a las horas del día, presentando un valor promedio mensual a las 9 horas de 5.50 mgO₂/L, a las 12 horas de 7.58mgO₂/L y a las 15 horas un valor de 9.67 mgO₂/L.

grafico 19



En la gráfica observamos que el Oxígeno Disuelto (OD) es menor a las 9 horas presentando su mayor valor el día 19 de monitoreo con 16mgO₂/L, mientras que a las 12 horas el mayor valor de OD fue de 18mgO₂/l el día 13 de monitoreo. La mayor cantidad de OD se presentó el día 13 de monitoreo a las 15 horas fue de 20mgO₂/l.

La variación registrada de Oxígeno disuelto (OD) durante el mes de junio en la laguna terciaria muestra una tendencia variada respecto a las horas del día, presentando un valor promedio mensual a las 9 horas de 7.97 mgO₂/L, a las 12 horas de 10.40mgO₂/L y a las 15 horas un valor de 10.75mgO₂/L.

En la laguna secundaria y terciaria los valores medidos al mediodía (12:00) y en horas de la tarde (15:00) son más altos que los medidos a primeras horas del día (09:00) debido a que hay mayor presencia de brillo solar lo que estimula a las algas a una mayor producción de fotosíntesis, aumentando el porcentaje de O₂ en el agua.

Según el ECA para Agua, Categoría 3 "Riego de vegetales y Bebida de animales", el valor mínimo de este parámetro es de OD > 4 mgO₂/L, el cual se cumple en la laguna secundaria y terciaria.



Anexo 2: Estándares De Calidad Ambiental De Agua (ECA-Categoría 3)

El Peruano / Miércoles 7 de junio de 2017

NORMAS LEGALES

17

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃)

Temperatura (°C)	pH								
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0	
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042	
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034	
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029	
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026	
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024	
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022	
30	23,7	7,50	2,39	0,757	0,256	0,094	0,043	0,021	

Nota:

(*) El estándar de calidad de Amoníaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH₃-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH₃).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/ Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(μS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales	
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales	
Arsénico	mg/L	0,1		0,2	
Bario	mg/L	0,7		**	
Berilio	mg/L	0,1		0,1	
Boro	mg/L	1		5	
Cadmio	mg/L	0,01		0,05	
Cobre	mg/L	0,2		0,5	
Cobalto	mg/L	0,05		1	
Cromo Total	mg/L	0,1		1	
Hierro	mg/L	5		**	
Litio	mg/L	2,5		2,5	
Magnesio	mg/L	**		250	
Manganeso	mg/L	0,2		0,2	
Mercurio	mg/L	0,001		0,01	
Niquel	mg/L	0,2		1	
Plomo	mg/L	0,05		0,05	
Selenio	mg/L	0,02		0,05	
Zinc	mg/L	2		24	
ORGÁNICO					
Bifenilos Policlorados					
Bifenilos Policlorados (PCB)	μg/L	0,04		0,045	
PLAGUICIDAS					
Paratión	μg/L	35		35	
Organoclorados					
Aldrin	μg/L	0,004		0,7	
Clordano	μg/L	0,006		7	
Dicloro Difetil Tricloroetano (DDT)	μg/L	0,001		30	
Dieldrin	μg/L	0,5		0,5	
Endosulfán	μg/L	0,01		0,01	
Endrin	μg/L	0,004		0,2	
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	μg/L	0,01		0,03	
Lindano	μg/L	4		4	
Carbamato					
Aldicarb	μg/L	1		11	
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000	
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**	
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	**	

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Anexo 3: Límites Máximos Permisibles (LMP)

El Peruano
Lima, miércoles 17 de marzo de 2010

NORMAS LEGALES

415675

de impuestos o de derechos aduaneros de ninguna clase o denominación.

Artículo 5°.- La presente Resolución Suprema será refrendada por el Presidente del Consejo de Ministros.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN
Presidente del Consejo de Ministros

469446-6

AMBIENTE

Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

**DECRETO SUPREMO
N° 003-2010-MINAM**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el numeral 32.1 del artículo 32° de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permisible - LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33° de la Ley N° 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplique el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 121-2009-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año fiscal 2009 que contiene dentro de su anexo la elaboración del Límite Máximo Permisible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de fuentes domésticas;

Que el artículo 14° del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende medidas que aseguren, entre otros, el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles y otros parámetros y requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente; del mismo modo, en su artículo 28° el citado reglamento señala que, la modificación del estudio ambiental o la aprobación de instrumentos de gestión ambiental complementarios,

implica necesariamente y según corresponda, la actualización de los planes originalmente aprobados al emitirse la Certificación Ambiental;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11° de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1°.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)

Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.

Artículo 2°.- Definiciones

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:

- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR):** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.

- **Límite Máximo Permisible (LMP):** Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

- **Protocolo de Monitoreo:** Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.

Artículo 3°.- Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR

3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

3.2 Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino.

3.3. Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

3.4 Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

Artículo 4°.- Programa de Monitoreo

4.1 Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.

4.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

4.3 Sólo será considerado válido el monitoreo conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual - INDECOPI.

Artículo 5°.- Resultados de monitoreo

5.1 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo de la presente norma, de conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por dicho Sector.

5.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los Titulares de las PTAR, durante el año anterior, lo cual será de acceso público a través del portal institucional de ambas entidades.

Artículo 6°.- Fiscalización y Sanción

La fiscalización del cumplimiento de los LMP y otras disposiciones aprobadas en el presente Decreto Supremo estará a cargo de la autoridad competente de fiscalización, según corresponda.

Artículo 7°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL

Única.- El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en coordinación con el MINAM, aprobará el Protocolo de Monitoreo de Efluentes de PTAR en un plazo no mayor a doce (12) meses contados a partir de la vigencia del presente dispositivo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dieciséis días del mes de marzo del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ

Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG

Ministro del Ambiente

JUAN SARMIENTO SOTO

Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

469446-2

Anexo 4: Certificados De Calibración De Los Equipos

HACH COMPANY

HACH
An ISO 9001 Certified Company

P.O.Box 389
Loveland, CO 80539
(970) 669-3050

Certificate of Analysis

Page 1

COMMODITY: 10 NTU Verification Standard
COMMODITY NUMBER: 2961801
LOT NUMBER: A7227

MANUFACTURE DATE: 8/18/2017

DATE OF ANALYSIS: 8/23/2017

TEST	SPECIFICATIONS	RESULTS
Turbidity	9.5 to 10.5 NTU	10.10 NTU

The expiration date is Nov 2018

Formazin and StablCal® solutions provided by Hach are not NIST traceable because the NIST does not carry turbidity standards. However, the use of Formazin and StablCal® as used in Hach method 8195 are accepted by the EPA as a primary standard to be used in the calibration of turbidity instruments.



Certified by Scott Als
Scott Als
Analytical Services Chemist

HACH COMPANY



An ISO 9001 Certified Company

P.O. Box 389
Loveland, CO 80539
(970) 669-3050

Certificate of Analysis

Page 1

COMMODITY: STABLCAL® FORMAZIN STANDARD 20 NTU
COMMODITY NUMBER: 2684801
LOT NUMBER: A7230

MANUFACTURE DATE:
8/28/2017

DATE OF ANALYSIS:
9/6/2017

TEST	SPECIFICATIONS	RESULTS
Turbidity	19 to 21 NTU	20.5 NTU

The expiration date is Nov 2018

Formazin and StablCal® solutions provided by Hach are not NIST traceable because the NIST does not carry turbidity standards. However, the use of Formazin and StablCal® as used in Hach method 8195 are accepted by the EPA as a primary standard to be used in the calibration of turbidity instruments.



Certified by

Scott Als

Scott Als
Analytical Services Chemist

HACH COMPANY



An ISO 9001 Certified Company

P.O. Box 389
Loveland, CO 80539
(970) 669-3050

Certificate of Analysis

Page 1

COMMODITY: STABLCAL® FORMAZIN STANDARD 100 NTU
COMMODITY NUMBER: 2684901 MANUFACTURE DATE: 8/18/2017 DATE OF ANALYSIS: 8/22/2017
LOT NUMBER: A7228

TEST	SPECIFICATIONS	RESULTS
Turbidity	95 to 105 NTU	101.8 NTU

The expiration date is Nov 2018

Formazin and StablCal® solutions provided by Hach are not NIST traceable because the NIST does not carry turbidity standards. However, the use of Formazin and StablCal® as used in Hach method 8195 are accepted by the EPA as a primary standard to be used in the calibration of turbidity instruments.



Certified by

Scott Als

Scott Als
Analytical Services Chemist

HACH COMPANY



P.O. Box 389
Loveland, CO 80539
(970) 669-3050

Certificate of Analysis

Page 1

COMMODITY: **STABLCAL® FORMAZIN STANDARD 800 NTU**
COMMODITY NUMBER: **2660501** MANUFACTURE DATE: DATE OF ANALYSIS:
LOT NUMBER: **A7230** 8/25/2017 9/6/2017

TEST	SPECIFICATIONS	RESULTS
Turbidity	760 to 840 NTU	813.9 NTU

The expiration date is Nov 2018

Formazin and StablCal® solutions provided by Hach are not NIST traceable because the NIST does not carry turbidity standards. However, the use of Formazin and StablCal® as used in Hach method 8195 are accepted by the EPA as a primary standard to be used in the calibration of turbidity instruments.



Certified by

Scott Als

Scott Als
Analytical Services Chemist

ISO 9001 Certified

2100Q

Certificate of Final Inspection



Part No. Serial No.	Gerätenummer, n° d'appareil Seriennummer, numéro de série	LPG439.01.00002 17070C059599
General Function	Allgemeine Funktion, fonction générale :	
Function Keys	Funktionstasten, touches de cuves:	ok
Interface	Schnittstelle, interface:	ok
Battery Operation	Batterie-Betrieb, opérationnel sur batterie:	ok
Display	Anzeigeelement, écran:	ok
Lid Detection	Deckelerkennung, reconnaissance de couvercle:	ok
Factory Calibration	Werkskalibrierung, Etalonnage d'usine:	
Calibration Curve	Kalibrierung, Courbe d'étalonnage:	
StabiCal (0 - 1000 NTU)	StabiCal (0 - 1000 FNU), StabiCal (0 - 1000 FNU)	ok
20 NTU, 100 NTU and 800 NTU	20 FNU, 100 FNU und 800 FNU, 20 FNU, 100 FNU et 800 FNU	
Turbidity Data	Trübungswerte, data turbidité:	
H ₂ O	H ₂ O, H ₂ O:	
Reference Instrument	Referenzgerät, instrument de référence:	0.04 NTU
Tolerance	Toleranz, tolérance:	< 0.1 NTU
E.U.T	Prüfung, objet d'essai:	0.05 NTU
Verification Standard 10 NTU	Prüfstandard 10 FNU, Etalon de vérification 10 FNU:	
Reference Instrument	Referenzgerät, instrument de référence:	10.0 NTU
Tolerance	Toleranz, tolérance:	± 5 %
E.U.T	Prüfung, objet d'essai:	9.89 NTU
Date	Datum, date:	Jul 17, 2017
Inspector	Bearbeiter, opérateur:	Ding chunmei
Sign	Unterschrift, signature :	<i>D. Ding chunmei</i>

Please add this certificate to your documents.
 Bitte verwahren Sie dieses Zertifikat bei Ihren Unterlagen auf.
 S'il vous plaît, conservez scrupuleusement ce certificat dans vos archives.



HDQ207 V1.0



ISO 9001 Certified
TEST CERTIFICATE
For the LDO and LBOD Probe

Serial Number	Model Number	Sensor Cap Lot	Date
172562599003	LDO10105	7233	9/13/2017

CHARACTERISTIC	STANDARD	RESULT
Physical Inspection		
	Pass/Fail	PASS
Probe Recognition		
Verification of probe's communication function	Pass/Fail	PASS
% Saturation Reading		
At 100% air saturated water after calibration	99% - 101%	100.00
Slope		
Multiplier used for calibrating the probe	.75 - 1.25	1.04
Reference Temperature Reading		
Temperature measured by reference instrument	-	21.98
Probe Temperature Reading		
Must be within +/- 0.3C of reference reading.	-	22.18
Reference Pressure in mbar		
Pressure measured by reference instrument	-	842.90
Probe Pressure in mbar		
Must be within +/- 4 mbar of reference reading	-	842.78

Test equipment used for the verification of Hach manufactured instruments is calibrated using standards traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST) standards. Where such standards do not exist, the basis for calibration is documented.

FOR TECHNICAL ASSISTANCE, PRICE INFORMATION AND ORDERING:
In the U.S.A. - Call toll-free 800-227-4224
Outside the U.S.A. - Contact the HACH office or distributor serving you.
On the Worldwide Web - www.hach.com; E-mail techhelp@hach.com

HACH COMPANY
WORLD HEADQUARTERS
Telephone: (970) 669-2000
FAX: (970) 669-2952



CALIBRATION TEST CERTIFICATE – Page 1 of 1 – pH Probe

Model	Serial Number	Date-time	Result
PHC10105	173632569016	12/29/2017	PASS

Tested characteristic	Min	Max	Value	
Probe recognition				PASS
Physical inspection				PASS
Reference temperature (°C)	15	30	24.18	PASS
Diff. temperature probe vs ref. (°C)	-0.3	.3	-0.11	PASS
Calibration temperature (°C)	15	35	24.29	PASS
Temperature homogeneity (°C)	-1	1	0.29	PASS
pH 4 reading (mV)	154	199	164.1	PASS
pH 7 reading (mV)	-30	30	-8.00	PASS
pH 10 reading (mV)	-199	-154	-184.67	PASS
Slope (mV) at ambient temp.	-61.88	-56.19	-58.00	PASS
Slope (mV) adjusted to 25°C	-62.0	-56.3	-58.11	PASS
Slope (%)	95	102.5	98.23%	PASS
Response time (pH 7-4 T _{95%} sec)	0	20	1.07	PASS
Response time (pH 7-10 T _{95%} sec)	0	20	1.09	PASS
pH 4 Stabilization Time (sec)	0	40	17.32	PASS
pH 7 Stabilization Time (sec)	0	40	11.89	PASS
pH 10 Stabilization Time (sec)	0	40	20.59	PASS

	Nominal	Type	Batch number
Buffer 1	4.005 ±0.010 at 25°C	pH4	See note
Buffer 2	7.000 ±0.010 at 25°C	pH7	See note
Buffer 3	10.000 ±0.010 at 25°C	PH10	See note

The quality control test criteria listed above ensures superior electrode performance over the warranted life of the probe when proper storage, calibration, and usage instructions published in the product manual are followed.

The pH standard buffers used during probe testing and initial factory calibration are certified by an accredited independent organization as to their pH value, their uncertainty (k = 2), and are completely traceable to primary standards. IntelliCAL™ probe temperature accuracy is a comparative measurement versus a temperature measurement device that has been calibrated and certified by an accredited external agency.

For Technical Service, Price Information and Ordering in the U.S.A. call toll-free 800-227-4224. Outside the U.S.A. contact the Hach Office or Distributor serving you. On the Worldwide Web visit www.hach.com; E-mail: techhelp@hach.com.



Anexo 5: Constancia De Haber Realizado Prácticas En CITRAR-UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
Centro de Investigación en Tratamiento de
Aguas Residuales y Residuos Peligrosos

Constancia
N° 05 – 2018

CONSTANCIA

Quien suscribe, Director del Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos CITRAR FIA – UNI de la Universidad Nacional de Ingeniería, deja constancia que el señor:

ARANDA CASTILLO, CESAR ASBEL

Con DNI N° 73776451, realizó sus prácticas pre profesionales en el Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos CITRAR FIA – UNI de la Universidad Nacional de Ingeniería (Lima, Perú), desde el 02 de enero del 2017 al 05 de enero del 2018 con un total de 720 horas.

El señor, Aranda Castillo, Cesar Asbel, se desempeñó con eficiencia y puntualidad, cumpliendo las siguientes labores:

- Monitoreo de los principales parámetros operacionales de la Planta Piloto de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas.
- Participación como guía en las diversas visitas realizadas en CITRAR FIA – UNI.
- Elaboración de informes mensuales de la operación de la Planta de Tratamiento.
- Desarrolló el proyecto de investigación: "ESTUDIO DE ARRANQUE DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO AEROBIO SECUNDARIO MEDIANTE UN DOWNFLOW HANGING SPONGE (DHS)"

Se expide la presente a solicitud para los fines que el señor estime pertinente.

Lima, 21 de mayo del 2018.

Ing. Yon Cecilio Cabrera
DIRECTOR CITRAR FIA – UNI

Cc: Arch.

Av. Túpac Amaru N°210 Rimac - Puerta N° 07
✉: Citrar@uni.edu.pe

Anexo 6: Aprobación Para Realizar El Proyecto De Tesis En CITRAR-UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
CENTRO DE INVESTIGACION EN TRATAMIENTO DE
AGUA RESIDUAL Y RESIDUOS PELIGROSOS
CITRAR-FIA-UNI



CONSTANCIA DE AUTORIZACIÓN

El Bach. Cesar Asbel Aranda Castillo identificado con el DNI: 73776451 y con el código: 201322994, ex brigadista del Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos (CITRAR), realizó sus prácticas pre profesionales y como retribución de ello se le admite como tesista investigador con el plan de tesis titulado : **“Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un sistema Down-Flow Hanging Sponge (DHS) utilizando esponjas cilíndricas colgantes de poliuretano”** y accede a un módulo de investigación y al uso del laboratorio CITRAR.

CITRAR cuenta con investigaciones que contribuyen a conocer el funcionamiento de diversos tipos de tratamiento del agua residual, los resultados de estas investigaciones permiten ampliar nuestra base de datos científica así como generar espacios de discusión entre los investigadores, el plan de tesis presentado cumple con lo antes expuesto.



Bach. Litza Jara Huamanñahui
JEFE DE PLANTA CITRAR FIA – UNI

Cc: Arch.

Av. Tupac Amaru Nº 1150 – Rimac
Pta Nº 7 (Sector: T)

Teléfonos: 01-382-4890
481-1070 anexo 581
Fax: 482-1585 anexo 104

E-mail: citrar@uni.edu.pe
citrarfiauni@gmail.com

Anexo 7: Cronograma De Actividades

Actividades	Año 2018-2019																																							
	Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
Revisión bibliográfica																																								
Proyecto de tesis (Elaboración)																																								
Revisión con el asesor																																								
Aprobación del proyecto																																								
Obtención de los materiales del DHS																																								
Elaboración del reactor DHS																																								
Prueba Hidráulica																																								
Periodo de arranque																																								
Pruebas experimentales																																								
Análisis o tratamiento de datos																																								
Discusión de los resultados/Redacción de la tesis																																								
Sustentación																																								

Anexo 8: Presupuesto De La Tesis

Actividades	Cantidad	Costo unitario	Costo Parcial
Revisión bibliográfica			
Internet	10	S/. 40.00	S/. 400.00
Impresiones	800	S/. 0.10	S/. 80.00
Revisión con el asesor	5	S/. 1.50	S/. 7.50
Pago para asesor	1	S/. 300.00	S/. 300.00
Aprobación del proyecto	1	S/. 600.00	S/. 600.00
Movilidad - aprobación del proyecto	1	S/. 20.00	S/. 20.00
Impresiones - CITRAR	130	S/. 0.10	S/. 13.00
Obtención de los materiales del DHS			
Movilidad	3	S/. 25.00	S/. 75.00
Medidor de nivel	1	S/. 5.00	S/. 5.00
Cilindro Azul 200 Litros	1	S/. 60.00	S/. 60.00
Reducción de PVC ¾"	1	S/. 1.00	S/. 1.00

Válvula tipo bola ¾" de PVC	6	S/. 3.00	S/. 18.00
Niple ¾" de PVC	22	S/. 1.00	S/. 22.00
Codos ¾" de PVC	6	S/. 1.00	S/. 6.00
Tee ¾" de PVC	3	S/. 1.00	S/. 3.00
Reductores ½ " de bronce	2	S/. 2.50	S/. 5.00
Válvulas tipo bola ½" de bronce	6	S/. 6.00	S/. 36.00
Tee ½" de bronce	2	S/. 4.00	S/. 8.00
Tubo abastos 1/2" x 40cm	1	S/. 5.00	S/. 5.00
Galonera de 20 litros	1	S/. 14.00	S/. 14.00
Esponja de poliuretano 200cmx110cmx2cm	1	S/. 20.00	S/. 20.00
Recorte Cilíndrico de las esponjas	1	S/. 25.00	S/. 25.00
Tubos de vidrio	4	S/. 30.00	S/. 120.00
Andamios de madera	1	S/. 80.00	S/. 80.00
Agujeros para el tubo de vidrio	12	S/. 6.00	S/. 72.00
Embudos	2	S/. 2.00	S/. 4.00
Abrazaderas	8	S/. 1.50	S/. 12.00
Cinta negra aislante	4	S/. 2.00	S/. 8.00

Moldimix	2	S/. 4.50	S/. 9.00
Plástico negro	4	S/. 3.00	S/. 12.00
Taper de plástico decagonal	4	S/. 3.00	S/. 12.00
Taper de plástico rectangular	2	S/. 6.00	S/. 12.00
Pintura de agua color negro	1	S/. 25.00	S/. 25.00
Thinner	1	S/. 7.00	S/. 7.00
Lija de madera	2	S/. 2.00	S/. 4.00
Pegamento	1	S/. 3.00	S/. 3.00
Brocha	2	S/. 6.00	S/. 12.00
Tordillo para madera	2	S/. 4.50	S/. 9.00
Unión universal	2	S/. 5.00	S/. 10.00
Teflón rojo	4	S/. 1.50	S/. 6.00
Manguera ¾"	4	S/. 3.00	S/. 12.00
Manguera 1/2"	7	S/. 4.00	S/. 28.00
Tubo 1/2" de PVC	1	S/. 4.00	S/. 4.00
Elaboración del reactor DHS			
Mano de obra externa	2	S/. 30.00	S/. 60.00

Movilidad	5	S/. 7.00	S/. 35.00
Alimentación	5	S/. 7.00	S/. 35.00
Otros	4	S/. 6.00	S/. 24.00
Prueba Hidráulica			
Agua potable	1	S/. 5.00	S/. 5.00
Movilidad	3	S/. 7.00	S/. 21.00
Alimentación	3	S/. 7.00	S/. 21.00
Otros	3	S/. 4.00	S/. 12.00
Periodo de arranque			
Laboratorio - CITRAR	1	S/. 34.00	S/. 34.00
Movilidad	14	S/. 7.00	S/. 98.00
Alimentación	14	S/. 7.00	S/. 98.00
Otros	14	S/. 4.00	S/. 56.00
Pruebas experimentales			
Laboratorio - CITRAR	2	S/. 34.00	S/. 68.00
Movilidad	27	S/. 7.00	S/. 189.00
Alimentación	27	S/. 7.00	S/. 189.00

Laboratorio - SAG	5	S/. 150.00	S/. 750.00
Otros	27	S/. 4.00	S/. 108.00
Análisis o tratamiento de datos			
Internet	1	S/. 40.00	S/. 40.00
Impresiones	60	S/. 0.10	S/. 6.00
Discusión de los resultados/Redacción de la tesis			
Internet	1	S/. 40.00	S/. 40.00
Impresiones	600	S/. 0.10	S/. 60.00
Revisión con el asesor			
Viáticos	4	S/. 20.00	S/. 80.00
Sustentación			
Viáticos	1	S/. 50.00	S/. 50.00
Derecho de sustentación	1	S/. 700.00	S/. 700.00
Total			S/. 4,963.50

Firma y sello de validación

Puntos de monitoreo:

[illegible]

FICHA DE MONITOREO

Responsable del monitoreo: Bach, Cesar Asbel Aranda Castillo
 Responsable de la planta: Tera, Huamantla, Liza
 Puntos de monitoreo: Salida UASB y R₁ y R₂ salida DHS
 Coordenadas:



N°	Fecha de monitoreo:	Hora:	Turbiedad			Temperatura del agua °C			pH			Conductividad			Oxígeno Disuelto			Temperatura Ambiental °C		Humedad Relativa		
			UASB	DHS		UASB	DHS		UASB	DHS		UASB	DHS		UASB	DHS		UASB	DHS			
1	Lunes 3-12-18	9:53	30.1	4.46	10.4	22.9	22.6	22.7	8.33	8.97	8.86	2281	1202	1235	1.28	6.44	6.84	22.0	2	5	1	%
2		13:50	65.5	42.9	27.6	24	24.8	24.6	7.93	8.98	9.07	1979	1212	1202	0.38	6.44	7.31	24.0	6	4	4	%
3		16:15	58.6	41.1	26.8	24.5	24.8	23.9	8.01	9.07	9.07	1583	1180	1266	0.24	7.21	7.29	25.0	4	4	2	%
4	Martes 4-12-18	9:58	153	65.5	8.13	23	23.3	23.6	8.27	8.64	9.08	1224	1181	1149	0.24	0.11	8.81	22.0	6	5	0	%
5		11:52	135	36.8	10.1	25.4	25.2	25	8.19	8.62	9.03	1357	1463	1152	0.08	0.05	8.21	25.0	5	4	2	%
6		14:15	141	30.4	10	26.9	27	27.6	8.16	8.70	9	1436	1255	1150	0.08	—	7.87	27.0	8	3	5	%
7	Miércoles 5-12-18	10:23	195	40	16.2	23	22.9	23	8.37	8.72	8.93	1230	1175	1194	0.07	4.23	8.44	22.0	7	4	7	%
8		14:54	59.5	35.6	15.4	25.9	26.4	26.6	8	8.88	8.98	1233	1161	1165	0.15	2.58	5.06	28.0	8	3	7	%
9		16:55	59.6	22.7	9.05	24.5	24.3	24.3	8.05	8.87	9	1278	1185	1164	0.06	5.32	7.04	21.0	6	3	6	%
10	Jueves 6-12-18	9:55	119	34.7	16.4	23.5	23.5	23.5	8.23	8.55	8.70	1235	1191	1184	0.10	1.01	4.19	24.0	2	5	0	%
11		13:50	106	34.2	14.8	26.8	25.8	25.9	8.20	8.78	8.93	1747	1191	1193	0.77	0.01	5.12	28.0	3	3	6	%
12		15:48	103	25.1	14.8	25.2	26	26.3	8.13	8.81	9	1571	1173	1178	0.36	3.36	6.27	28.0	0	3	6	%
13	Viernes 7-12-18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Nota: - Viernes 7-12-18 no se monitoreo debido a que tube que ir a un sepelio.
 - Martes 4-12-18 el oxímetro dio como resultado 0 absoluto, es decir fuera de rango a las 14:15.

FICHA DE MONITOREO

Responsable del monitoreo: Bach. Cesar Abel Aranda Castillo
 Responsable de la planta: Tara Huamanrahu, Liza
 Puntos de monitoreo: salida UASB y R1, R2 salida DHS
 Coordenadas:



N°	Fecha de monitoreo:	Hora:	Turbiedad			Temperatura del agua °C			pH			Conductividad			Oxígeno Disuelto			Temperatura Ambiental °C			Humedad Relativa		
			Efluentes			UASB			DHS			UASB			DHS			UASB			DHS		
1	Lunes 10-12-18	10:45	M	A	N	T	E	N	I	M	T	E	N	T	O	D	E	L	D	H	S		
2		13:50	59	26.6	15	27	27.7	27.7	8.16	9.08	9.13	1257	1199	1181	0.25	2.01	4.67	3	0.	2	3	6	%
3		15:55	62.8	25.5	11	25	25.6	25.8	8.28	9.09	9.18	1250	1233	1169	0.16	3.80	6.38	2	8.	2	3	7	%
4	Martes 11-12-18	10:05	47.6	20.7	4.55	24.1	24.4	24.6	8.38	8.91	9.03	1183	1179	1167	0.38	4.27	7.61	2	5.	1	5	1	%
5		11:40	53.8	14.9	6.98	24.8	25.3	25.2	8.42	8.91	9.49	1238	1179	1187	0.04	5.66	5.66	2	6.	3	4	7	%
6		14:25	103	11	6.82	26.3	26.2	26.2	8.34	8.94	8.97	1222	1176	1177	0.07	6.55	6.98	3	0.	3	3	9	%
7	Miércoles 12-12-18	10:35	107	9.10	10.7	25.7	25.9	25.8	8.17	8.85	8.83	1162	1186	1189	0.06	7.63	6.21	2	7.	5	4	5	%
8		13:10	89.4	8.48	8.20	24.9	25.3	25.4	8.24	8.79	8.89	1163	1197	1151	0.07	7.15	7.22	2	6.	9	4	3	%
9		15:30	87.2	7.08	6.16	25.9	25.9	26.9	8.28	8.28	8.91	1168	1167	1144	0.04	6.91	6.06	2	7.	5	4	1	%
10	Jueves 13-12-18	10:10	131	7.92	6.08	23.6	23.6	23.5	8.48	8.96	9.01	1159	1151	1155	0.24	8.24	7.92	2	3.	7	5	6	%
11		12:00	105	8.77	6.16	25.5	25.8	26.1	8.73	9.02	9.09	1151	1125	1103	0.08	8.05	7.94	2	9.	0	3	7	%
12		14:05	74.9	8.63	5.87	27.4	27.5	27.6	8.59	9.01	9.11	1150	1114	1109	0.16	7.39	7.42	2	9.	1	3	1	%
13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

FICHA DE MONITOREO

Responsable del monitoreo: Bach. Cesar Asbel Aranda Castillo
 Responsable de la planta: Tara Huamanñahui, Litza
 Puntos de monitoreo: salida UASB y R1 y R2 salida DHS
 Coordenadas:



N°	Fecha de monitoreo:	Hora:	Turbiedad			Temperatura del agua °C			pH			Conductividad			Oxígeno Disuelto			Temperatura Ambiental °C			Humedad Relativa		
	Efluentes		UASB	DHS		UASB	DHS		UASB	DHS		UASB	DHS		UASB	DHS		UASB	DHS		UASB	DHS	
1	Lunes 17-12-18	9:30	M	A	N	T	E	N	I	M	I	E	N	T	O	D	E	L	D	H	S		
2		14:50	72,9	16,6	16,6	27,4	28,2	28,3	8,22	9,08	9,11	1278	1166	1169	0.17	5.16	7	2	7.	7	4	0	%
3		16:45	67,4	14,6	12,8	25,9	25,6	25,8	8,29	9,08	9,07	1243	1179	1211	0.14	5,57	6,89	2	5.	8	4	8	%
4	Martes 18-12-18	11:20	81,6	8,66	11,2	25,4	25,2	25,3	8,18	8,89	9,01	1248	1221	1208	0.06	6,36	8,29	2	7.	8	4	0	%
5		14:15	74,9	8,98	12,8	27,3	27,6	27,7	8,16	8,91	9,02	1256	1216	1221	0.09	6.64	8,04	2	8.	3	3	7	%
6		16:20	60,2	7,37	10.1	26,2	26,7	26,6	8,22	8,90	9,03	1253	1222	1194	0.08	6.70	7.99	2	6.	6	4	3	%
7	Miércoles 19-12-18	11:45	93	7,68	7,27	26,3	26,7	26,8	8,06	8,97	9,00	1226	1200	1210	0.06	7,86	8,35	2	7.	1	4	1	%
8		14:10	72,2	8,82	6,96	28,2	29	29	8,10	8,95	8,98	1243	1200	1199	0.06	7,63	8,10	2	7.	9	3	9	%
9		15:50	74	11,1	9,58	26,7	27,2	27,2	8,14	8,98	9,07	1232	1184	1151	0.17	7,08	8,08	2	7.	3	4	3	%
10	Jueves 20-12-18	10:50	86,4	8,88	6,77	25,6	25,8	25,5	8,20	8,97	9,02	1192	1176	1167	0.07	8,06	8,64	2	6.	1	4	1	%
11		13:55	71,8	9,51	5,87	26,8	27,7	27,2	8,30	8,95	9,03	1238	1203	1160	0.05	7,85	8,25	2	7,	9	3	9	%
12		15:52	87	11,3	5,10	26,6	26,9	27	8,38	9,01	9,08	1224	1190	1152	0.09	7,63	8,24	2	7.	0	4	0	%
13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

FICHA DE MONITOREO

Responsable del monitoreo: Bach. Cesar Astel Aranda Castillo
 Responsable de la planta: Jara Huamantla, Litza
 Puntos de monitoreo: salida UASB y R1 y R2 salida DHS
 Coordenadas:



N°	Fecha de monitoreo:	Hora:	Turbiedad			Temperatura del agua °C			pH			Conductividad			Oxígeno Disuelto			Temperatura Ambiental °C			Humedad Relativa		
			Efluentes			UASB			DHS			UASB			DHS			UASB			DHS		
1	Miércoles 26-12-18	11:45	93,2	17,2	13,2	26,3	26,2	26,1	8,05	9,23	9,12	1281	1153	1145	0,12	8,22	8,11	2	6.	1	4	1	%
2		14:20	82,2	15,2	12,4	26,9	26,8	26,7	8,14	9,19	9,14	1307	1164	1150	0,07	7,58	7,55	2	6.	6	4	3	%
3		16:00	78,1	14,4	10,8	25,5	26	25,8	8,48	9,20	9,14	1302	1174	1164	0,08	7,38	7,65	2	5.	5	4	2	%
4	Miércoles 02-01-2019	M	A	N	T	E	N	I	M	I	E	N	T	O	D	E	I	D	H	S			
5		13:30	105	46,4	8,67	28,3	27,9	28,1	7,65	8,83	8,61	1330	1284	1322	0,34	4,83	7,66	2	8.	3	3	7	%
6		15:45	113	45,3	8,94	27	27,3	27,7	7,69	8,67	8,62	1330	1271	1258	0,07	0,38	7,19	2	7.	6	3	5	%
7	Jueves 03-01-2019	10:00	221	14,8	7,89	23,9	23,8	23,8	8,04	8,65	8,57	1318	1267	1265	0,08	7,39	8,32	2	3.	7	5	8	%
8		13:50	96,8	16,2	14,6	25,5	25,6	25,6	7,72	8,63	8,64	1325	1268	1249	0,30	6,86	7,78	2	6.	9	4	2	%
9		15:56	95,2	16,1	13,2	25,6	25,9	26	8,02	8,63	8,63	1319	1262	1226	0,38	7,36	7,99	2	6.	1	4	1	%
10	Viernes 04-01-2019	9:30	115,2	7,33	7,25	25,6	25,6	25,1	8,22	8,64	8,42	1317	1254	1212	0,07	7,41	7,81	2	7.	4	4	9	%
11		13:40	104	10,5	10,7	27,6	27,7	27,6	7,70	8,63	9,12	1264	1206	1169	0,18	7,17	7,32	3	0.	1	3	6	%
12		15:50	97,9	10,8	12,3	26,3	27,1	27,2	7,71	8,68	8,55	1259	1208	1161	0,22	7,56	7,63	2	8.	9	3	6	%
13	Lunes 07-01-2019	9:15	74,4	8,06	3,62	25,7	25,5	25,5	7,99	8,45	8,20	1260	1173	1114	0,08	7,70	7,58	2	7.	1	4	9	%
14		13:40	103	20,3	7,30	28,9	29	28,9	7,91	8,74	8,55	1206	1113	1055	0,15	7,38	7,81	3	0.	7	3	2	%
15		16:15	74,8	15,2	6,84	27	28,1	27,9	8,03	8,69	8,51	1212	1108	1063	0,06	7,45	7,70	2	8.	8	3	6	%

52

— Nota: Se considero periodo de arranque hasta el miércoles 02-01-2019, posterior a este día se considero la parte experimental.

FICHA DE MONITOREO

Responsable del monitoreo: Bach. Cesar Arbel Aranda castillo
 Responsable de la planta: Jara Humanitahui, Litza
 Puntos de monitoreo: Salida UASB y Salida DHS 1 y 2
 Coordenadas:



N°	Fecha de monitoreo:	Hora:	Turbiedad			Temperatura del agua °C			pH			Conductividad			Oxígeno Disuelto			Temperatura Ambiental °C			Humedad Relativa		
			Efluentes																				
1	08-01-19	10:55	86,2	8,96	3,40	27,6	27,2	26,7	8,32	8,64	8,33	1213	1138	1054	0,08	7,86	8,34	2	8	9	4	1	%
2		13:35	88,9	10,1	5,30	29,2	28,6	28,3	7,85	8,66	8,48	1206	1118	1044	0,14	7,32	7,90	2	9	8	3	4	%
3		15:25	85,8	11,4	7,33	28,4	28,4	28,3	7,99	8,68	8,54	1182	1084	1052	0,12	6,98	7,65	2	9	9	3	3	%
4	09-01-19	11:50	98,2	28,1	10,4	27,9	27,5	27,5	8,35	8,94	8,62	1168	1145	1132	0,08	7,01	7,85	2	9	4	3	8	%
5		13:58	107	18,7	9,52	29,1	29	29	8,06	8,77	8,63	1197	1137	1101	0,13	7,16	7,66	3	0	6	3	7	%
6		15:35	133	15,1	5,40	28,5	28,8	28,8	8,18	8,78	8,65	1204	1139	1085	0,06	7,02	7,41	3	0	0	3	5	%
7	10-01-19	10:20	123	7,2	3,21	25	25,2	25,2	8,18	8,78	8,58	1166	1121	1071	0,07	7,77	7,89	2	5	2	5	8	%
8		13:45	102	7,40	2,57	26,3	26,2	26,1	8,34	8,78	8,58	1172	1113	1053	0,08	7,73	7,98	2	6	8	4	0	%
9		15:30	135	7,03	2,86	25,5	25,7	25,7	8,32	8,79	8,55	1151	1129	1069	0,07	7,54	7,84	2	6	1	4	7	%
10	14-01-19	14:20	160	10,6	4,22	25,9	25,8	25,9	8,11	8,81	8,69	1207	1121	1039	0,08	7,49	8,14	2	6	2	4	5	%
11		15:45	152	9,46	4,35	25,7	25,9	26,1	8,22	8,83	8,72	1243	1133	1048	0,09	7,23	8,13	2	6	8	4	5	%
12		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	15-01-19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14		14:15	78,6	9,57	4,95	28	28,2	28,2	8,15	8,83	8,76	1163	1119	1057	0,12	7,40	7,76	2	9	1	3	8	%
15		16:04	86,7	7,47	4,75	26,7	26,9	26,8	8,21	8,85	8,74	1149	1116	1068	0,14	7,58	7,83	2	8	2	4	1	%

FICHA DE MONITOREO

Responsable del monitoreo: Bach. Ceval Arbel Arendá Castillo
 Responsable de la planta: Sara Huamantla, Liza
 Puntos de monitoreo: Salida UASB y Salida DHS₁ y DHS₂
 Coordenadas:



N°	Fecha de monitoreo:	Hora:	Turbiedad			Temperatura del agua °C			pH			Conductividad			Oxígeno Disuelto			Temperatura Ambiental °C			Humedad Relativa		
			UASB		DHS	UASB		DHS	UASB		DHS	UASB		DHS	UASB		DHS	UASB		DHS	UASB		DHS
1	16-01-19	10:00	92	6,85	2,81	23,6	23,5	23,6	8,39	8,87	8,81	1162	1117	1076	0,03	8,29	8,57	2	3	4	6	4	%
2		14:40	135	9,40	5,02	26,5	26,6	26,5	8,27	8,85	8,59	1196	1106	1034	0,08	8,17	8,01	2	6	6	4	8	%
3		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	21-01-19	11:55	96,2	19,3	11,9	26,8	26,6	26,4	8,05	8,74	8,56	1233	1086	1034	0,18	7,85	7,90	2	7	5	4	2	%
5		13:50	108	18,9	9,98	27,6	27,8	27,7	8,19	8,75	8,65	1185	1072	1033	0,33	7,68	7,90	2	8	9	3	7	%
6		15:26	77	19,9	9,74	27,3	27,3	27,5	8,06	8,76	8,59	1215	1078	1031	0,24	7,31	7,41	2	7	1	4	4	%
7	22-01-19	09:08	177	7,99	2,33	25,5	25	25	8,30	8,60	8,44	1186	1089	1038	0,05	7,46	7,77	2	6	4	5	6	%
8		13:20	71,8	8,96	4,17	28,4	28,3	28,3	8,08	8,69	8,64	1185	1071	1058	0,21	7,31	7,93	3	0	3	3	4	%
9		15:26	58,9	6,98	2,96	27,5	27,4	27,5	8,00	8,74	8,64	1181	1093	1020	0,22	7,51	7,88	3	0	2	3	5	%
10	23-01-19	10:00	107	5,64	3,29	26,1	25,9	26,1	8,17	8,74	8,66	1206	1103	1031	0,07	7,93	8,21	2	8	6	4	5	%
11		13:30	129	6,27	2,92	27,7	26,8	27,5	7,94	8,69	8,56	1299	1163	1022	0,18	7,43	7,94	2	8	7	3	9	%
12		15:25	172	7,56	3,12	28,2	28	28,1	8,07	8,71	8,61	1243	1137	1046	0,12	7,28	7,46	2	9	0	3	7	%
13	24-01-19	9:20	203	4,93	4,25	25,6	25,7	25,5	8,27	8,63	8,51	1277	1094	1065	0,24	7,99	7,67	2	6	4	5	7	%
14		13:50	71,6	11,9	4,43	28,4	27,8	27,8	7,90	8,67	8,46	1262	1116	1023	0,35	7,67	8,19	2	9	2	3	9	%
15		15:45	105	11,3	3,31	27,7	28	27,8	8,02	8,70	8,47	1244	1104	1015	0,11	7,65	7,94	2	7	6	4	5	%

FICHA DE MONITOREO

Responsable del monitoreo: Bach. Cesar Asbel Arendá Castillo
 Responsable de la planta: Jara Huamantla, Itza
 Puntos de monitoreo: Salida UASB y salida DHS 1 y 2
 Coordenadas:



N°	Fecha de monitoreo:	Hora:	Turbiedad			Temperatura del agua °C			pH			Conductividad			Oxígeno Disuelto			Temperatura Ambiental °C			Humedad Relativa		
	Efluentes		UASB	DHS		UASB	DHS		UASB	DHS		UASB	DHS		UASB	DHS		UASB	DHS		UASB	DHS	
1	28-01-19	11:30	110	19,4	13,1	28,8	29	28,42	7,74	8,53	8,42	—	—	—	0,18	7,94	7,48	3	2,	0	3	4	%
2		15:30	90,8	13,3	11,6	29	27,9	28,5	7,72	8,58	8,45	—	—	—	0,21	7,84	7,94	3	2,	8	3	2	%
3		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	29-01-19	13:45	69,1	4,27	3,28	29,2	29,2	29,5	7,67	8,38	8,33	1200	1027	1018	0,05	6,97	7,36	3	2,	3	3	3	%
5		15:40	70,1	5,25	3,77	29	29	29	7,73	8,45	8,36	1220	1030	993,7	0,08	7,21	7,42	3	0,	1	3	5	%
6		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	30-01-19	13:10	101	8,05	2,32	28,6	28,7	29,9	7,80	8,52	8,18	1179	1025	956	0,33	7,65	7,80	3	0,	9	3	6	%
8		16:30	77,9	8,35	5,65	29,1	28,5	28,7	7,74	8,53	8,43	1182	1018	998	0,24	7,74	7,47	2	9,	2	3	4	%
9		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1018	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	31-01-19	10:20	132	4,47	5,73	27,5	27,2	26,8	7,70	8,52	8,28	1164	1011	985,5	0,50	7,95	7,81	2	9,	7	3	5	%
11		13:40	97,1	3,55	4,28	29,1	28,7	28,7	7,72	8,42	8,15	1195	958	906,4	0,13	7,50	7,39	3	1,	9	3	4	%
12		15:05	90,2	3,58	4,24	29,4	29,4	29,7	7,74	8,42	8,21	1123	946,3	884,6	0,26	7,30	7,48	3	1,	6	3	4	%
13	01-02-19	12:30	92,8	10,2	10,2	29,0	28,6	29,0	7,83	8,52	8,53	1125	975,3	983,3	0,07	7,10	7,77	3	0,	1	3	5	%
14		16:20	77,3	11,13	8,6	28,9	28,5	28,7	7,82	8,47	8,41	1120	982,6	996,5	0,04	7,18	7,75	3	0,	2	3	5	%
15		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

52

982,6

Nota: El 28-01-2019 El conductímetro estuvo siendo utilizado todo el día por una investigadora.

FICHA DE MONITOREO

Responsable del monitoreo: Bach. Cesar Abel Aranda Castillo
 Responsable de la planta: Sara Huaman Kahui, Litza
 Puntos de monitoreo: Salida UASB y salida DHS₁ y DHS₂
 Coordenadas:



N°	Fecha de monitoreo:	Hora:	Turbiedad			Temperatura del agua °C			pH			Conductividad			Oxígeno Disuelto			Temperatura Ambiental °C			Humedad Relativa		
	Efluentes		UASB	DHS		UASB	DHS		UASB	DHS		UASB	DHS		UASB	DHS		UASB	DHS		UASB	DHS	
1	04-02-19	13:40	68,2	40,5	34,7	28,8	28,7	28,8	7,81	8,73	8,68	1150	1045	1031	0,20	7,33	7,57	3	1, 2	3	4	%	
2		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	05-02-19	11:50	135	22,4	12,8	29,8	29,1	29,1	7,95	8,69	8,65	1048	972,2	939,4	0,25	6,92	7,47	3	1, 7	3	4	%	
5		13:40	122	21	11,9	29,8	29,6	29,7	7,92	8,72	8,66	1052	971,1	941,5	0,19	7,10	7,31	3	3, 0	3	1	%	
6		15:12	117	19,9	9,87	29,2	29,3	29,5	7,89	8,73	8,64	1062	972	942,8	0,60	7,13	7,30	3	2, 6	3	3	%	
7	06-02-19	12:00	128	10,6	7,48	28,8	28,1	28,5	8,06	8,64	8,3	1026	966	933	0,19	7,67	7,82	3	1, 1	3	4	%	
8		15:00	117	7,86	4,69	27.2	26,8	26,9	8,11	8,76	8,37	1015	952	876	0,11	7,60	7,73	2	8, 1	4	1	%	
9		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	07-02-19	10:05	127	9,72	6,14	26,7	26,4	26,6	7,98	8,43	8,35	1040	921,5	865,9	0,13	7,54	7,86	2	8, 3	4	0	%	
11		11:40	112	17,3	13,9	28,3	28,4	28,5	8,02	8,55	8,46	1002	907,3	881,1	0,30	7,06	7,03	3	0, 6	3	7	%	
12		13:50	112	10,7	10,7	30	29,6	29,4	7,98	8,55	8,55	1023	904,1	881,4	0,18	6,89	7,05	3	2, 2	3	3	%	
13	08-02-19	12:50	113	11,3	6,49	27	26,9	27	7,96	8,54	8,53	1004	936,9	880,5	0,18	7,79	8,08	2	8, 6	4	5	%	
14		15:00	106	9,30	4,89	27,6	28,4	27,6	8,00	8,79	8,36	1033	947,7	891,6	0,42	7,69	7,75	2	9, 2	3	4	%	
15		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Notas: Se descartó el monitoreo del día 4-02-2019 debido a que se tomó una foto del biofilm de la esponja, y al momento de colocar el sedimentador se colmó de sedimentos atrapados por el flujo del sistema.

FICHA DE MONITOREO

Responsable del monitoreo: Bach. Cesar Aibel Aranda Castillo
 Responsable de la planta: Jara Huamanahui, Liza
 Puntos de monitoreo: Salida UASB y salida DHS₁ y DHS₂
 Coordenadas:



N°	Fecha de monitoreo:	Hora:	Turbiedad			Temperatura del agua °C			pH		Conductividad		Oxígeno Disuelto		Temperatura Ambiental °C			Humedad Relativa				
	Efluentes		UASB	DHS		UASB	DHS		UASB	DHS	UASB	DHS	UASB	DHS	UASB	DHS	UASB	DHS	UASB	DHS		
1	12-02-2019	11:00	36,7	4,37	2,04	28,9	28,2	27,9	8,30	8,47	7,68	1030	966	868	0,16	7,89	7,48	3	0,1	3	7	%
2		14:40	41,4	4,92	2,42	31,5	30,2	30,5	8,23	8,30	7,46	910	847	772	0,24	7,21	7,77	3	1,9	3	4	%
3		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	18-02-2019	11:35	50,9	7,92	3,78	27,4	27,0	27,1	8,18	7,27	7,80	1202	1020	829	0,68	7,93	7,17	2	9,0	4	0	%
5		14:50	46,3	12,4	5,12	30,2	29,5	29,5	8,01	8,44	7,92	914,3	848	800	0,23	7,99	7,93	3	1,6	3	3	%
6		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	19-02-2019	10:15	36,5	5,45	2,60	27,3	26,9	26,9	8,34	8,39	8,19	886,9	822,4	769,4	0,64	8,28	8,03	2	9,2	3	4	%
8		15:00	74,9	12,3	12,1	28,7	28,9	29,4	7,76	8,60	8,57	925,2	832,3	804,8	0,34	7,70	7,78	3	1,8	3	4	%
9		16:05	64,7	11,2	10,5	28,7	28,6	28,9	7,66	8,52	8,50	920	840	805,2	0,65	7,30	7,43	3	1,7	3	4	%
10	20-02-2019	10:50	121	6,27	2,56	28,2	27,8	28	7,76	8,51	8,36	946,9	877,8	810,8	0,18	7,22	7,56	3	0,1	3	7	%
11		13:20	113	4,27	5,35	29,8	29,3	29,4	7,71	8,35	8,53	981,7	816,4	805,8	0,61	7,39	7,33	3	3,1	3	1	%
12		16:30	92,2	6,52	3,29	29,1	28,6	28,7	7,72	8,52	8,41	987,5	898	848,7	0,38	7,32	7,41	3	1,6	3	4	%
13	21-02-2019	10:40	115	7,24	5,06	28,8	28,9	28,9	7,74	8,44	8,35	1001	926,9	866,4	0,30	7,06	6,68	3	2,3	3	3	%
14		13:30	75,7	9,75	6,38	30,6	30	29,9	7,73	8,48	8,46	999,5	914,6	873,2	0,46	7,03	6,88	3	1,1	3	4	%
15		15:10	67,3	7,13	5,27	30,3	29,9	30	7,70	8,49	8,46	1008	910,9	874,4	0,72	6,95	6,79	3	2,8	3	2	%

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



INFORME DE ENSAYO N° 130034 - 2019 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : ARANDA CASTILLO CÉSAR ASBEL
DOMICILIO LEGAL : MZ J1 LOTE 11 LA ERA 1ERA ETAPA LURIGANCHO - LIMA - LIMA
SOLICITADO POR : ARANDA CASTILLO CÉSAR ASBEL
REFERENCIA : CITRAR UNI - FIA
PROCEDENCIA : AV. TÚPAC AMARÚ
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : 2019-01-04
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 2019-01-04
MUESTREADO POR : EL CLIENTE

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Numeración de Coliformes Fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1,23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.	1.8 ^(a)	NMP/100mL

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas;

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Matriz analizada	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Fecha de muestreo	2019-01-04	2019-01-04	2019-01-04
Hora de inicio de muestreo (h)	16:23	16:30	16:30
Condiciones de la muestra	Refrigerada	Refrigerada	Refrigerada
Código del Cliente	E1 y E2	S1	S2
Código del Laboratorio	19010172	19010173	19010174
Ensayo	Unidad	Resultados	
Numeración de Coliformes Fecales ⁽¹⁾	NMP/100mL	79 x 10 ⁵	280 x 10 ³
			79 x 10 ⁴

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

Lima, 15 de Enero del 2019.

Bigo. Roger Aparicio Estrada
C.B.P. N° 7403
Asesor Técnico Biológico

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod.: FI.02/Version: 08/FE.03/2018

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Rios Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 1 de 1

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



INFORME DE ENSAYO N° 130341 - 2019 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : ARANDA CASTILLO CÉSAR ASBEL
DOMICILIO LEGAL : MZ 31 LOTE 11 LA ERA 1ERA ETAPA- LURIGANCHO CHOSICA- LURIGANCHO - LIMA - LIMA
SOLICITADO POR : ARANDA CASTILLO CÉSAR ASBEL
REFERENCIA : UNI- FIA- CITRAR
PROCEDENCIA : AV. TUPAC AMARU
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : 2019-01-17
FECHA(S) DE ANÁLISIS : 2019-01-17 al 2019-01-20
FECHA(S) DE MUESTREO : 2019-01-17
MUESTREADO POR : EL CLIENTE

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Numeración de Coliformes Fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1,23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.	1.8 ^(a)	NMP/100mL

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Matriz analizada	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Fecha de muestreo	2019-01-17	2019-01-17	2019-01-17
Hora de inicio de muestreo (h)	13:30	13:35	13:39
Condiciones de la muestra	Refrigerada	Refrigerada	Refrigerada
Código del Cliente	E1	S1	S2
Código del Laboratorio	19013434	19013435	19013436
Ensayo	Unidad	Resultados	
Numeración de Coliformes Fecales ⁽¹⁾	NMP/100mL	79 x 10 ⁵	110 x 10 ³
			170 x 10 ³

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

Lima, 25 de Enero del 2019.

Blgo. Roger Aparicio Estrada
C.B.P. N° 7403
Asesor Técnico Biológico

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod.: FI 02/Versión: 08/FE/03/2018

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 1 de 1



0.5. 174940.

CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

Cliente:	Cesar Asbrl Aranda Castillo	Contacto:		E-mail:	cesar.aranda@ugr.edu.pe	Telef(s)	924241764
Lugar:	Av. tucay Anacu	Empresa:	FIA - UNI	Planta:	CIRPAR	Proyecto:	
Carta/Cotización:	2019 - OIVA - 76-2			MUESTREO POR SAG		MUESTREO POR CLIENTE	

[illegible]

Observaciones de Muestreo:

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo:	César Asbel Aranda	castillo	Firma(s):	<i>Asbel</i>	Recibido en laboratorio:	EM
Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo:	César Asbel Aranda	castillo	Firma(s):	<i>Asbel</i>	Día/Hora:	17:00

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE-047

INFORME DE ENSAYO N° 130597 - 2019 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : ARANDA CASTILLO CÉSAR ASBEL
DOMICILIO LEGAL : MZ J1 LOTE 11 LA ERA 1ERA ETAPA- LURIGANCHO CHOSICA- LURIGANCHO - LIMA - LIMA
SOLICITADO POR : ARANDA CASTILLO CÉSAR ASBEL
REFERENCIA : UNI- FIA- CITRAR
PROCEDENCIA : AV. TUPAC AMARU
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : 2019-01-30
FECHA(S) DE ANÁLISIS : 2019-01-30 AL 2019-02-02
FECHA(S) DE MUESTREO : 2019-01-30
MUESTREADO POR : EL CLIENTE
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIO

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	LC	Unidades
Numeración de Coliformes Fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1,23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.	1.8 ^(a)	NMP/100mL

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Matriz analizada	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Fecha de muestreo	2019-01-30	2019-01-30	2019-01-30
Hora de inicio de muestreo (h)	12:17	12:32	12:33
Condiciones de la muestra	Refrigerada	Refrigerada	Refrigerada
Código del Cliente	E1	S1	S2
Código del Laboratorio	19014203	19014204	19014205
Ensayo	Unidad	Resultados	
Numeración de Coliformes Fecales ⁽¹⁾	NMP/100mL	170 x 10 ⁵	79 x 10 ³

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

Lima, 07 de Febrero del 2019.

Blgo. Roger Aparicio Estrada
C.B.P. N° 7403
Asesor Técnico Biológico

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod.: FI 02/Version: 08/FE-03/2018

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency ASTM: American Society for Testing and Materials NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 1 de 1

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



INFORME DE ENSAYO N° 130869 - 2019 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : ARANDA CASTILLO CÉSAR ASBEL
DOMICILIO LEGAL : MZ J1 LOTE 11 LA ERA 1ERA ETAPA- LURIGANCHO CHOSICA- LURIGANCHO - LIMA - LIMA
SOLICITADO POR : ARANDA CASTILLO CÉSAR ASBEL
REFERENCIA : UNI- FIA- CITRAR
PROCEDENCIA : AV. TUPAC AMARU
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : 2019-02-12
FECHA(S) DE ANÁLISIS : 2019-02-12 AL 2019-02-15
FECHA(S) DE MUESTREO : 2019-02-12
MUESTREO POR : EL CLIENTE
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Numeración de Coliformes Fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1,23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.	1,8 ^(a)	NMP/100mL

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Matriz analizada	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Fecha de muestreo	2019-02-12	2019-02-12	2019-02-12
Hora de inicio de muestreo (h)	13:49	13:52	13:53
Condiciones de la muestra	Refrigerada	Refrigerada	Refrigerada
Código del Cliente	E1	S1	S2
Código del Laboratorio	19020730	19020731	19020732
Ensayo	Unidad	Resultados	
Numeración de Coliformes Fecales ⁽¹⁾	NMP/100mL	23 x 10 ⁵	170 x 10 ³ 33 x 10 ³

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

Lima, 21 de Febrero del 2019.

Blgo. Roger Aparicio Estrada
C.B.P. N° 7403
Asesor Técnico Biológico

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod.: FI 02/Version: 08/FE-03/2018

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento solo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Rios Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima Página 1 de 1
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com



SAG S.A.C.

Q.S. 175216

FR - 005
Versión: 05
F.E. 10/2016

Página: de

CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

Ciente: Cesar Asbel Aranda Castillo Contacto: E-mail: Cesar.aranda@agup.edu.pe Telef(s) 023241764
Lugar: Av. Tupac Amaru Empresa: FIA - UNI Planta: CITEAR Proyecto: IVA
Carta/Cotización: 2019-02 VA - S-1 MUESTREO POR SAG MUESTREO POR CLIENTE X

PUNTO DE MUESTREO O CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU												ANÁLISIS DE LABORATORIO		CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES
	FECHA	HORA																	
E1	12-02-19	13:49	A. Residual														19020730		
S1	12-02-19	13:52	A. Residual														19020731		
S2	12-02-19	13:53	A. Residual														19020732		
<div>SERVICIOS ANALÍTICOS SAG S.A.C. RECIBIDO 12 FEB 2019 RECEPCION DE MUESTRAS SAG</div>																			

Observaciones de Muestreo:

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: Cesar Asbel Aranda Castillo Firma(s): [Firma] Recibido en laboratorio: 6/1
Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: Cesar Asbel Aranda Castillo Firma(s): [Firma] Día/Hora: 18:25

Anexo 10: Comparativa de los resultados con el ECA categoría 3 y los LMP.

Parámetros fisicoquímicos en el Periodo de Arranque					
Parámetros	UASB	DHS 1	DHS 2	ECA categoría 3	LMP
T° Ambiental (°C)	26.6	26.6	26.6	-	-
Turbiedad (UNT)	88.1	21.5	10.9	-	-
Temperatura de agua (°C)	25.8	26.0	26.1	, -/+ 3 Tamb	<35
Ph	8.20	8.91	9.01	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Conductividad (μS/cm)	1316.29	1211.52	1183.33	2500	-
Oxígeno disuelto (mg/L)	0.18	5.24	7.21	>5	-

Parámetros fisicoquímicos de la parte experimental					
Parámetros	UASB	DHS 1	DHS 2	ECA categoría 3	LMP
T° Ambiental (°C)	29.4	29.4	29.4	-	-
Turbiedad (UNT)	101.1	10.5	6.3	-	-
Temperatura de agua (°C)	27.8	27.7	27.7	, -/+ 3 Tamb	<35
Ph	7.99	8.59	8.45	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Conductividad (μS/cm)	1136.43	1038.24	986.59	2500	-
Oxígeno disuelto (mg/L)	0.21	7.49	7.70	>5	-

COLIFORMES FECALES O TERMOTOLERANTES						
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	ECA categoría 3	LMP
SALIDA UASB	7.90E+06	7.90E+06	1.70E+07	2.30E+06	1.00E+03	1.00E+04
SALIDA DHS 1	2.80E+05	1.10E+05	1.70E+06	1.70E+05	1.00E+03	1.00E+04
SALIDA DHS 2	7.90E+05	1.70E+05	7.90E+04	3.30E+04	1.00E+03	1.00E+04
Eficiencia 1	1.45E+00	1.86E+00	1.00E+00	1.13E+00	-	-
Eficiencia 2	1.00E+00	1.67E+00	2.33E+00	1.84E+00	-	-

Anexo 11: Fotografía Tomada Con El Creador Del DHS el Profesor Hideki Harada (Japón) En CITRAR-UNI



Anexo 12: Fotografía Tomada Con El Creador Del DHS, Profesor Hideki Harada (Japón) En El Colegio De Ingenieros Del Perú (Miraflores)

